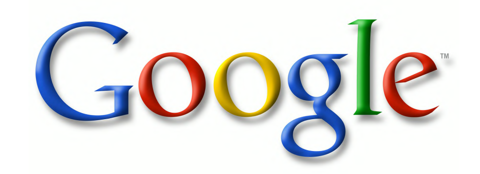
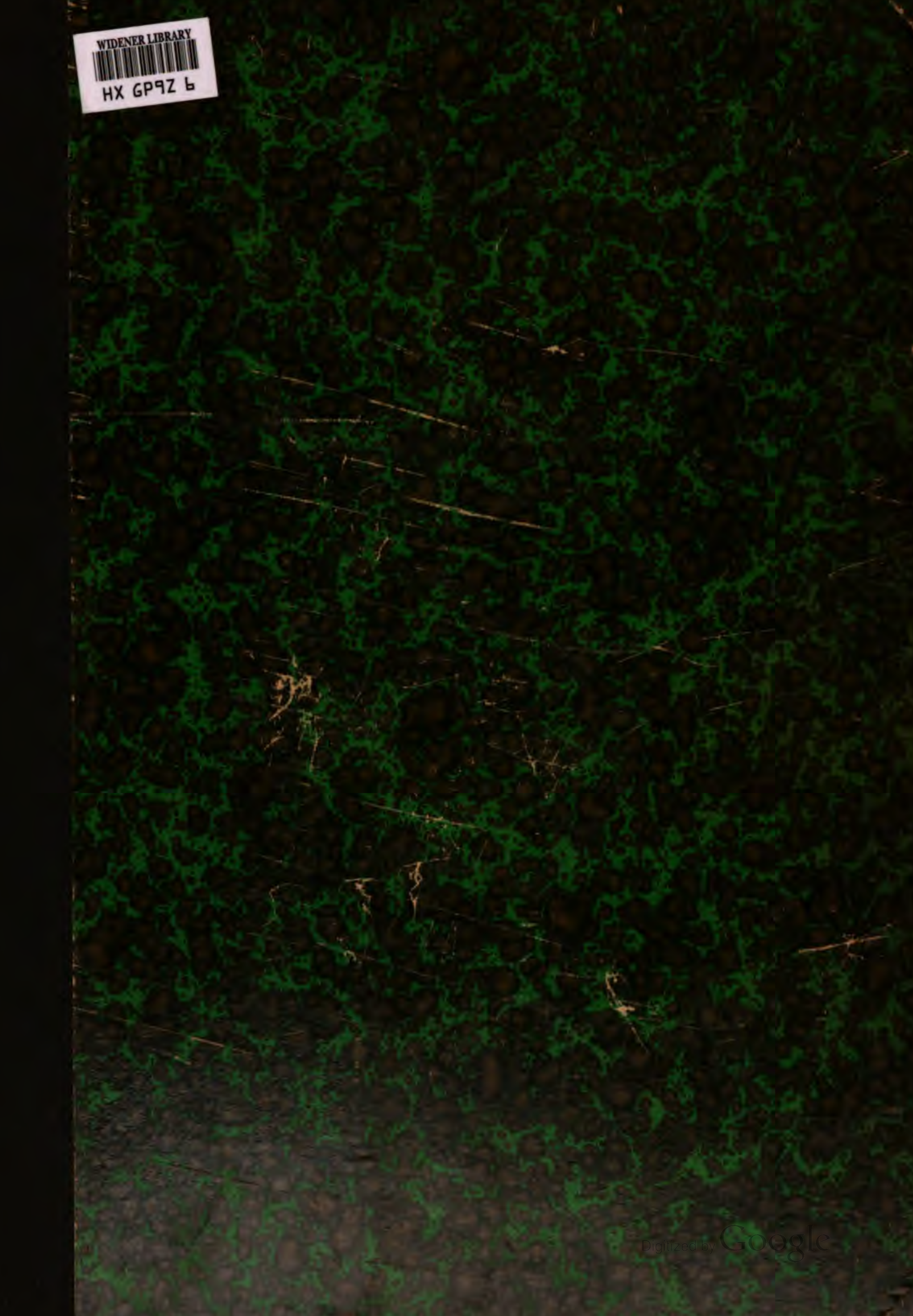
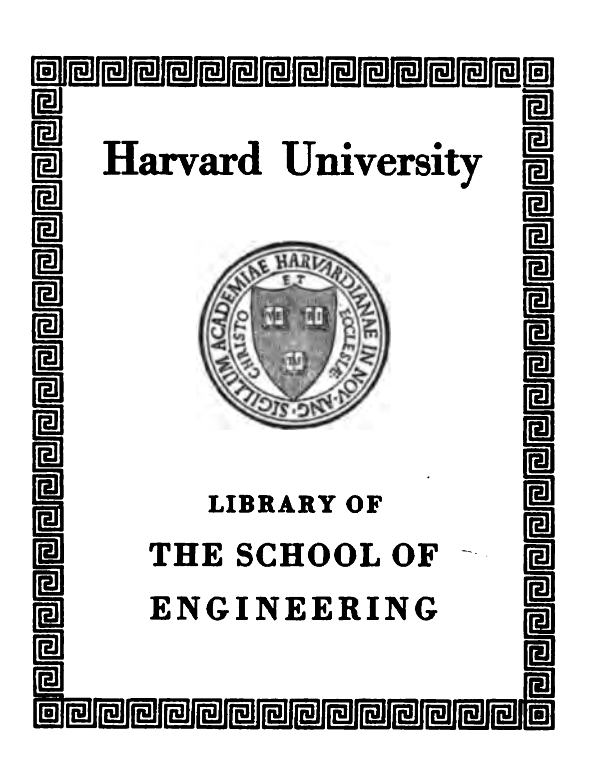



WIDENER LIBRARY
HX GP9Z 6
Digitized by Google


Harvard University
LIBRARY OF
THE SCHOOL OF
ENGINEERING

Zeitschrift

für

komprimierte und flüssige Gase

sowie für die Pressluft-Industrie

(begründet als „Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase" von Dr. M. Altschul).

Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete

herausgegeben von

Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler,** Darmstadt.

Zehnter Jahrgang.

WEIMAR

Verlag von Carl Steinert

1907.



Inhaltsübersicht des zehnten Jahrganges.

Die mit * bezeichneten Aufsätze sind illustriert.

Die Zahlen bezeichnen die Seiten.

Originalabhandlungen und Referate.

Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.

Namenregister.



Sachregister.

Wissenschaftliche, technische und kurze Mitteilungen.

Bestellzettel

für Bezug durch eine Buchhandlung oder direkt vom Verlag.

In offenem Kuvert mit 3 ₰ zu frankieren.

Unterzeichneter bestellt hiermit aus dem Verlage von Carl Steinert in Weimar:

1 **Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie,** 11. Jahrgang und ff. (bis zur Abbestellung) zu Mk. 16.— pro Jahr. —

1 Nachlieferung des 1. bis 10. Jahrganges zum ermäßigten Preise von Mk. 80.—.

1 ....

....

....

Betrag wird eingesandt — ist per Nachnahme zu erheben. Erfüllungsort: Weimar.

Nichtgewünschtes gefl. zu durchstreichen.

Ort, Wohnung und Datum: **Name:**

....

Bestellzettel

für den Bezug durch die Post.

Beim Postamt oder beim Briefträger abzugeben.

Unterzeichneter bestellt hiermit aus dem Verlage von Carl Steinert in Weimar:

1 **Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie,** 11. Jahrgang 1908, für .... Quartal à Mk. 4.— unter Nachlieferung der bereits erschienenen Hefte.

Ort, Wohnung und Datum: **Name:**

....

X. Jahrgang. Heft 2.

Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie

(begründet als „Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase" von Dr. M. Altschul).

Unter Mitwirkung von
Ingenieur **C. Heinel**, Privatdozenten an der technischen Hochschule zu Berlin,
sowie von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete
herausgegeben von
Dr. Gustav Keppeler, Privatdozenten an der technischen Hochschule zu Darmstadt.

Verlag von Carl Steinert in Weimar.

Inhalt des 2. Heftes.



Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.

Unter Mitwirkung von Ingenieur **C. Heinel**, Privatdozenten a. d. techn. Hochschule zu Berlin,
sowie von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete
herausgegeben von
Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler**, Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 2. **November 1906.** **X. Jahrgang.**

Die **„Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie“** erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar**, die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Über die Verdampfungswärme des flüssigen Sauerstoffs und flüssigen Stickstoffs und deren Änderung mit der Temperatur.

Von Dr. **Heinrich Alt.**

(Schluß. Hierzu Tafel III und IV.)

B. Elektrische Konstanten, Druck.

Die Fehler, mit denen die Jahrg. IX, S. 189 skizzierte Messung von Spannung und Stromstärke behaftet sein kann, sind gegen die Unsicherheit der äußeren Verdampfung gering. Der Widerstand W wurde einem Präzisionsstöpselkasten von Wolff & Sohn entnommen; sein Fehler ist bekannt, hier aber zu vernachlässigen. Desgleichen haben die äußerst geringen Änderungen in der Spannung des Normalelementes keinen Einfluß auf das Resultat. Der Vergleichswiderstand R von ca. 2 Ω wurde zu drei je $1/2$ Jahr auseinanderliegenden Zeitpunkten mit den Präzisionsnormalen der elektrotechnischen Abteilung der Hochschule verglichen.

Stromstärke und Spannung an der Heizspirale sind verschieden, je nach dem W als Nebenschluß zu R oder J geschaltet ist. Durch Parallelschaltung von W zu J wird die Spannungsverteilung im Stromkreis nur soweit geändert, daß sich die Spannung an den Enden der Spirale, somit auch die Stromstärke um höchstens $\frac{1}{25000}$, die elektrische Energie somit um $\frac{1}{12000}$ vermindert. Durch Anlegen des Wiederstandes W an R wird die Spannungsverteilung noch bedeutend weniger geändert; die durch R fließende gemessene Stromstärke unterscheidet sich von der des Hauptstromkreises — also auch in J — nur um ca. $\frac{1}{40000}$. Es konnte somit unbedenklich zwischen der Messung der Spannung an J und der Stromstärke in R während des Stromganges gewechselt werden.

Die für die Enden des Widerstandes W berechnete Spannung ist nicht gleich der an den Klemmen vor R und J; bei der Größe von W verursacht aber weder die nur wenige Hundertel Ω betragende Zuleitung zu R noch auch die ca. 0.6 Ω betragende Zuführung zur Heizspirale einen merklichen Fehler.

Auf gute Isolation der einzelnen Leitungsteile wurde bei jedesmaligem Zusammensetzen des Apparates sorgfältig geachtet. Geprüft wurde die Isolation des Glimmerblattes zwischen den die Heizspirale tragenden Kupferstreifen im Freien und in flüssiger Luft, dann die Isolation des Glasstäbchens B, der Hartgummiplatte, auf der die Polschuhe P saßen und der Glasröhren, durch die die Leitungen aus dem Rezipienten herausführten, gegeneinander. Es ergaben sich an allen diesen Stellen, wenn sie gut gereinigt waren, Widerstände mindestens von der Größenordnung 10^6 Ω.

Einen Fehler kann ferner die Wärmeentwicklung in den Zuleitungsdrähten innerhalb des Verdampfungsgefäßes verursachen. Um diesen zu vermeiden, war der letzte innerhalb der Flüssigkeit sich befindende Teil der Zuleitung von solchem Querschnitt gewählt, daß die Wärmeentwicklung in ihm $\frac{1}{10000}$ der in der Heizspirale erzeugten Wärme betrug.

Sonach ließe sich bei der elektrischen Messung ein außerordentlicher Genauigkeitsgrad erreichen, wenn nicht Spannung und Stromstärke Schwankungen und Stöße erleiden würden. Zunächst zeigte sich unmittelbar nach Stromschluß eine Abnahme der Spannung der Akkumulatoren — dieselben besaßen 90 Amperestunden Kapazität, die Entnahme betrug ca. 0.6 Ampère —; diese wurden deshalb mindestens 15 min vor Beginn eines Versuches durch einen, dem Betriebswiderstand ungefähr gleichen Widerstand geschlossen; hiedurch war meist völlige Konstanz erreicht. Da eine Änderung, wenn noch vorhanden, stetig ist, konnte durch wiederholte Beobachtung während des Stromganges leicht ein Mittelwert gefunden werden. Außer dieser Änderung trat auch eine bei tiefen Drucken oft heftige Schwankung des Galvanometers auf. Diese Stöße sind wohl durch lokale Überhitzung der Heizspirale an Stellen, wo sich eben Dampfblasen bilden, und damit zusammenhängende Widerstandsänderungen zu erklären. Da der Widerstand der Heizspirale nur etwas über die Hälfte des Widerstandes der ganzen Leitung betrug, wurde durch diese Änderungen die Stromstärke nicht in dem Maße, wie die Spannung an den Enden der Spirale beeinflußt. Mit einer am Anfang benutzten Platinspirale, die ursprünglich zugleich als Widerstandsthermometer dienen sollte, konnte überhaupt nicht gearbeitet werden. Der sodann verwendete Manganindraht erlaubte jedoch stets, Mittelwerte der Galvanometerstellung zu beobachten; häufig blieb längere Zeit das Galvanometer ganz ruhig. Bei der Spannungsbestimmung betrugen die Galvanometerstöße bei sehr tiefen Drucken bis zu 3 mm; dies entspricht einer Spannungsschwankung von $\frac{1}{250}$ ihres Wertes; der Fehler des Mittelwertes ist natürlich bedeutend geringer.

Hier sei bemerkt, daß die mittlere Überhitzung der Spirale während des Stromganges eine sehr deutlich ausgesprochene Funktion des Druckes ist. Der Widerstand der Spirale ohne Strom wurde jedesmal gemessen, der bei Stromgang aus Stromstärke und Spannung berechnet. Da sich mit Hilfe der bekannten Dampfspannungskurven die Spirale als Widerstandsthermometer eichen läßt, kann man hieraus die Temperaturerhöhung des Drahtes berechnen. Dieselbe steigt mit sinkendem Druck bei Stickstoff von 8° bis 15°, bei Sauerstoff von 6° bis 30°. Die durch diese Erwärmung des Drahtes bei Beginn der Heizung verloren gehende Wärmemenge ist der von der Spirale nach Stromöffnung noch abgegebenen gleich und nach dem oben beschriebenen Berechnungsverfahren nicht einzeln zu berücksichtigen. Die Wärmeabgabe nach Schluß der Heizung hat eine geringe Nachperiode zur Folge, die bei hohem Drucke wegen ihres raschen Verlaufes nicht mehr beobachtet wurde, bei tiefem Drucke häufig noch erkennbar war.

Der Widerstand der Spirale ohne Heizstrom wurde mit der Wheatstonschen Brücke unter Beachtung der nötigen Vorsichtsmaßregeln gemessen.

Die elektromotorische Kraft der Thermoelemente konnte mit einer für ihre Bestimmung hinreichenden Genauigkeit gemessen werden. Da die Auftriebsänderung, wie oben erwähnt, einfach zu eliminieren ist, wird die Temperaturmessung des Dampfes nur mehr zur Bestimmung des Gewichtes des im Fläschchen zurückbleibenden Dampfes benötigt. Bei atmosphärischem Druck verursacht eine Unsicherheit in der Temperatur des Dampfes von 10° bei Sauerstoff einen Fehler von 0.3 ‰, bei Stickstoff von 0.7 ‰. Die Temperatur der Lötstelle läßt sich an der Kompensationseinrichtung leicht auf 0.1° bestimmen; sie ist aber nicht die Temperatur des Gases, sondern infolge der Wärmeleitung der Drähte des Elementes beträchtlich höher. Über den Betrag dieses Fehlers erhielt man ungefähren Aufschluß, indem man das Thermoelement T_{III} in das Verdampfungsgefäß senkte. Solche Versuche ergaben zunächst eine Temperaturabnahme, die der Tiefe des Eintauchens proportional ist. In dem Augenblick aber, in dem die Lötstelle die Flüssigkeit erreicht, ergibt sich ein Sprung. Da das Thermo-

element, sobald es die Flüssigkeit berührt, sicher die Temperatur derselben angibt, und die Temperatur der Flüssigkeit und des Dampfes in der Grenzfläche gleich sein müssen, ist die Größe dieses Sprunges gleich der Abweichung der Temperatur der Lötstelle von der des Gases. Mehrere solche Versuche ergaben für die Lötstelle einen Temperaturüberschuß von 3° bis 4°; eine Unsicherheit in der Gastemperatur um diesen Betrag — sie ist mit Berücksichtigung dieser Korrektion sicher kleiner — ist aber für die Berechnung des Gewichtes des Dampfes nur von geringem Einfluß.

Die Druckmessung erfolgte mit dem Jahrg. IX, S. 189 erwähnten Barometer. Dasselbe, ein neu gefertigtes Instrument, wurde als richtig angenommen. Der Druck während der Heizung stieg bei tiefen Drucken bis zu 1.2 mm über den bei kleiner Verdampfung. Eine Berücksichtigung dieser Änderung bei Berechnung der äußeren Wärmezufuhr ist bei der geringen Änderung der Verdampfungswärme mit dem Druck nicht nötig.

Eine Verunreinigung der Versuchssubstanz durch das Eindringen atmosphärischer Luft in den Rezipienten kann keinen störenden Betrag erreichen. Einer Druckzunahme von 0.5 $\frac{\text{mm}}{\text{Stunde}}$ bei einer Atmosphäre Druckunterschied zwischen Rezipient und Außenluft entspricht ein Eindringen von ca. 50 mg Luft oder 40 mg Stickstoff während des eine halbe Stunde dauernden Versuches; macht man die sicher nicht zutreffende Annahme, daß aller eingeströmte Stickstoff von der meist über 15 g betragenden Sauerstoffmenge absorbiert würde, so ergibt sich eine Verunreinigung derselben von 0.3 %. Bei wachsendem Druck wird dieser mögliche Fehler kleiner, bei Stickstoffversuchen kann er überhaupt nur den vierten Teil dieses Wertes betragen.

§ 6. Versuchsresultate.

In den folgenden Tabellen sind die Resultate der Versuche sowie die hauptsächlichsten Bestimmungsgrößen, die zur Gewinnung derselben dienten, zusammengestellt. Das Diagramm Figur 7 gibt eine graphische Zusammenstellung der Drucke und der Verdampfungswärmen. In demselben sind die mit kleinen Kreischen bezeichneten Punkte Beobachtungsresultate der ersten Reihen, die großen Kreise entsprechen denjenigen der zweiten Reihen, während solche, bei denen die durch die äußere Wärmezufuhr verdampfte Menge weniger als 1 % der gesamten verdampften Menge betrug, und die daher das meiste Zutrauen verdienen, mit ● bezeichnet sind.

Will man von den beobachteten Drucken zu den entsprechenden Temperaturen übergehen, so ist die Kenntnis der Abhängigkeit der Temperatur von dem Drucke, also der Dampfspannung, nötig. Dampfspannungskurven für die untersuchten Gase festzustellen erlaubte die Versuchsanordnung ohne weiteres. Es lassen sich aus dem Widerstand der Heizspirale, der nach jedem Versuche gemessen wurde, die Temperaturen bestimmen, deren Folge recht gut in sich übereinstimmende Kurven ergibt, obwohl zur Spirale Material mit möglichst geringem Temperaturkoeffizienten gewählt war, ein Beweis für die große Empfindlichkeit des Widerstandsthermometers. Die absoluten Werte der beobachteten Temperaturen verdienen aber wenig Zutrauen, da die Widerstandsspirale niemals direkt geeicht wurde, und eine Kontrolle der Siedeverzüge fehlt, wenn dieselben auch nach den Ausführungen auf S. 8 klein zu sein scheinen. Da gleichzeitig mit der vorliegenden Untersuchung getrennt hievon im gleichen Institute durch K. T. Fischer eingehende Beobachtungen über das Sieden der verflüssigten Gase angestellt und die Dampfspannungskurven vom Sauerstoff und Stickstoff bestimmt wurden, konnte auf eine Verwendung der eigenen Messungen verzichtet werden. Von dem bisher veröffentlichten Material über Dampfspannung der verflüssigten Gase schien nur die Sauerstoff-Dampfspannungskurve von M. W. Travers, G. Senter, A. Jaquerod[1]) zuverlässig. Aus dieser Kurve, die bis 150 mm Druck reicht, sowie aus Privatmitteilungen, die mir Prof. K. T. Fischer machte, und für die ich ihm an dieser Stelle herzlichst danken möchte, wurde eine Dampfspannungskurve für Sauerstoff, aus neueren Beobachtungen von K. T. Fischer allein eine solche für Stickstoff zusammengestellt, deren Temperaturwerte zur Berechnung der Änderung der Verdampfungswärme mit der

[1]) M. W. Travers, G. Senter, A. Jaquerod, Phil. Trans. A. 200, S. 105—180, 1902.

Temperatur verwendet wurden. Ob es berechtigt ist, die Resultate dieser mit der Untersuchung in keinerlei Zusammenhang stehenden Beobachtungen einfach zu übernehmen, ist nicht ohne weiteres klar. Es könnten bei meiner Versuchsanordnung immerhin selbst beim

Tabelle I. Sauerstoff.

		Reihe I	Reihe II
Widerstand der Heizspirale	Max.	6.615 Ω;	6.647 Ω;
	Min.	6.420 Ω;	6.320 Ω;
Spannung an den Klemmen der Heizspirale	Max.	4.390 Volt;	4.028 Volt;
	Min.	4.165 Volt;	3.785 Volt;
Stromstärke	Max.	0.633 Amp.;	0.612 Amp.;
	Min.	0.629 Amp.;	0.589 Amp.;
Energie	Max.	2.778 Watt = 0.663 $\frac{cal}{sec}$;	2.440 Watt = 0.583 $\frac{cal}{sec}$;
	Min.	2.620 Watt = 0.626 $\frac{cal}{sec}$;	2.230 Watt = 0.533 $\frac{cal}{sec}$;

Nr.	Zeit des Stromganges sec	Durch den Strom verdampft mg	Äußere Verdampf. mg	Äuß. Verd. / Ges.-Verd. %	Verdampfungswärme cal/g	Druck mm Hg v. 0°	Temperatur Celsiusgrade Wasserstoffskala	Δ	
1	461.2	5731	182	3.08	51.09	609.6	− 184.95	+ 0.42	
2	568.3	6977	297	4.08	51.46	570.9	− 185.60	+ 0.21	
3	525.6	6435	240	3.59	51.56	523.4	− 186.34	+ 0.29	
4	470.7	5723	258	4.32	51.93	484.4	− 187.00	+ 0.07	
5	358.3	4331	195	4.50	52.27	447.4	.70	− 0.09	
6	537.4	6461	312	4.61	52.37	383.8	− 189.00	+ 0.11	
7	485.5	5796	233	3.86	52.66	350.9	.72	− 0.02	
8	400.2	4754	224	4.50	53.01	317.1	− 190.50	− 0.18	
9	551.8	6520	309	4.53	53.26	281.5	− 191.45	− 0.21	
10	538.6	6339	337	5.05	53.51	250.3	− 192.32	− 0.25	
11	486.6	5739	296	4.90	53.52	221.5	− 193.25	− 0.04	
12	518.6	6044	331	5.19	53.98	201.9	.89	− 0.34	
13	488.3	5671	303	5.07	54.09	186.4	− 194.50	− 0.32	
14	490.5	5731	333	5.49	53.59	168.5	− 195.11	+ 0.33	
15	408.3	4739	240	4.83	54.19	152.2	.87	− 0.08	* e = 5.110 Volt
16	491.7	5692	314	5.24	55.03	134.5	− 196.76	− 0.70	i = 0.843 Amp.
17	493.5	5665	315	5.25	54.78	115.4	− 197.83	− 0.22	Energie = 4.306
18	705.9	8078	496	5.79	55.08	101.3	− 198.66	− 0.30	Watt
19	450.3	5155	306	5.60	55.18	73.5	− 200.66	+ 0.07	
20	410.4	8178	208	2.48	55.00	46.5	− 203.36	+ 0.88	* = 1.028 $\frac{cal}{sec}$
21	551.1	5954	42	0.70	51.07	712.9	− 183.52	+ 0.04	Sauerstoffkühlung (Nr. 21–35)
22	584.2	6309	39	0.61	51.06	705.4	.60	+ 0.06	
23	649.4	6980	43	0.61	51.21	698.9	.70	− 0.08	
24	556.4	5971	43	0.72	51.20	684.1	.90	− 0.06	
25	678.5	7291	60	0.82	51.18	647.4	− 184.41	+ 0.11	
26	307.6	3279	33	1.00	51.36	647.4	.41	− 0.07	
27	504.3	5369	55	1.01	51.29	647.4	.41	± 0.00	
28	492.3	5291	54	1.01	51.34	631.9	.63	± 0.00	
29	549.8	5909	57	0.95	51.43	589.7	− 185.27	+ 0.04	
30	550.7	5933	58	0.97	51.63	546.8	.90	− 0.03	
31	700.5	7577	72	0.94	51.52	505.1	− 186.64	+ 0.25	
32	500.2	5362	68	1.25	52.41	466.4	− 187.35	− 0.49	
33	515.6	5586	86	1.52	51.43	423.4	− 188.17	+ 0.67	
34	593.0	6323	79	1.23	52.32	402.9	.57	− 0.14	
35	506.1	5401	72	1.32	52.39	367.8	− 189.35	− 0.05	
36	722.5	7330	57	0.77	52.61	297.0	− 191.02	+ 0.10	Luftkühlung (Nr. 36–50)
37	727.7	7372	69	0.93	52.62	266.9	.87	+ 0.27	
38	425.7	4459	61	1.35	53.24	234.7	− 192.83	− 0.14	
39	505.7	5296	67	1.25	53.34	190.3	− 194.35	+ 0.08	
40	617.8	6462	74	1.13	53.43	180.7	.72	+ 0.07	
41	618.0	6391	100	1.54	54.02	140.7	− 196.44	− 0.14	
42	491.2	5021	83	1.63	54.81	107.0	− 198.32	− 0.52	
43	477.3	4951	92	1.82	54.39	96.0	− 199.02	+ 0.04	
44	474.8	4964	60	1.20	54.35	91.4	.33	+ 0.15	
45	477.6	4932	104	2.02	54.96	86.5	.70	− 0.37	Von Nr. 40 ab
46	518.2	5360	62	1.14	54.84	66.8	− 201.24	+ 0.08	Einleitung der
47	487.2	5002	53	1.05	55.13	59.9	.85	− 0.08	Heizung durch
48	550.4	5516	64	1.15	55.23	48.9	− 203.07	+ 0.08	Stromstoß
49	465.7	4794	54	1.11	55.48	38.3	− 204.45	+ 0.14	
50	588.0	5994	104	1.71	55.50	34.7	− 205.05	+ 0.24	

Heizen noch Siedeverzüge vorhanden sein, so daß die Zuordnung der von mir bei bestimmtem Drucke gemessenen Verdampfungswärmen und der unter anderen Umständen bei gleichem Drucke bestimmten Temperaturen eine gegen die richtige verschobene Kurve ergäbe. Über

Stickstoff. **Tabelle II.**

	Reihe I	Reihe II
Widerstand der Heizspirale	Max. 6.561 Ω;	6.368 Ω;
	Min. 6.500 Ω;	6.308 Ω;
Spannung an den Klemmen der Heizspirale	Max. 4.166 Volt;	3.960 Volt;
	Min. 4.142 Volt;	3.838 Volt;
Stromstärke	Max. 0.636 Amp.;	0.621 Amp.;
	Min. 0.630 Amp.;	0.599 Amp.;
Energie	Max. 2.649 Watt = 0.635 $\frac{cal}{sec}$;	2.459 Watt = 0.587 $\frac{cal}{sec}$,
	Min. 2.632 Watt = 0.629 $\frac{cal}{sec}$;	2.299 Watt = 0.549 $\frac{cal}{sec}$;

Nr.	Zeit des Stromganges sec	Durch den Strom verdampft mg	Äußere Verdampf. mg	Äuß. Verd. / Ges.-Verd. %	Verdampfungswärme cal/g	Druck mm Hg. v. 0°	Temperatur Celsiusgrade Wasserstoffskala	Δ	
51	589.3	7704	361	4.47	47.97	710.4	— 196.23	— 0.07	
52	514.8	6798	248	3.52	47.61	698.6	.37	+ 0.33	
53	635.3	8333	473	5.37	47.87	661.2	.89	+ 0.22	
54	403.9	5278	282	5.07	47.98	651.7	— 197.02	+ 0.15	
55	408.2	5292	290	5.20	48.40	651.7	.02	— 0.27	
56	586.5	7571	293	3.73	48.72	636.8	.23	— 0.52	
57	362.5	4751	243	4.87	48.12	601.8	.70	+ 0.18	
58	434.0	5593	387	6.47	48.50	555.9	— 198.39	+ 0.01	
59	406.3	5219	265	4.83	48.73	465.1	— 199.77	+ 0.18	
60	451.5	5736	313	5.17	49.20	465.4	.78	— 0.29	
61	501.3	6483	361	5.28	48.52	414.5	— 200.66	+ 0.63	
62	484.1	6103	363	5.61	49.56	387.4	— 201.15	— 0.25	
63	521.2	6576	307	4.47	49.63	348.0	.96	— 0.10	
64	563.0	7169	366	4.85	49.44	325.6	— 202.44	+ 0.21	
65	605.6	7592	389	4.87	50.13	299.2	— 203.04	— 0.30	
66	665.5	8296	441	5.05	50.40	258.1	— 204.10	— 0.27	
67	380.7	4687	336	6.69	50.95	218.2	— 205.23	— 0.50	
68	502.9	6210	368	5.59	50.86	177.5	— 206.63	— 0.01	
69	340.2	4286	241	5.33	50.83	177.5	.63	+ 0.02	
70	530.7	6552	480	6.83	51.05	158.0	— 207.30	— 0.01	
71	387.4	4753	272	5.41	51.26	139.5	— 208.12	+ 0.01	
72	350.1	4294	236	5.21	51.23	128.5	.59	+ 0.17	
73	368.3	4581	246	5.09	50.90	118.5	— 209.07	+ 0.64	
74	387.4	4715	312	6.20	51.81	111.6	.42	— 0.16	
75	382.1	4635	332	6.68	52.11	104.1	.83	— 0.35	
76	310.9	3748	261	6.50	52.11	98.1	— 210.21	— 0.23	
77	363.4	4491	234	4.95	51.25	97.7	.25	+ 0.62	
78	386.3	4728	289	5.76	51.71	95.7	.39	+ 0.20	
79	516.5	6250	367	5.55	52.12	95.2	.40	— 0.20	
80	384.0	4540	60	1.30	47.54	713.4	— 196.19	+ 0.31	
81	211.3	2465	44	1.75	47.85	713.4	.19	± 0.00	
82	259.2	2996	67	2.19	47.96	713.2	.19	— 0.11	
83	591.4	6795	83	1.21	47.99	710.0	.23	— 0.14	
84	586.4	6770	89	1.30	47.76	705.2	.29	+ 0.11	Luftkühlung
85	418.3	4961	77	1.53	48.07	700.0	.36	— 0.20	
86	479.9	5482	80	1.44	48.16	684.4	.57	— 0.21	
87	538.9	6171	108	1.72	48.14	626.0	— 197.37	+ 0.03	
88	452.3	5266	129	2.39	48.60	575.2	— 198.10	— 0.23	
89	410.3	4768	67	1.38	48.71	526.9	.83	— 0.12	
90	395.8	4505	52	1.14	48.75	492.9	— 199.34	— 0.05	
91	402.5	4667	41	0.87	48.65	429.0	— 200.39	+ 0.33	
92	434.0	4940	36	0.72	49.24	371.3	— 201.47	+ 0.05	
93	431.2	4907	44	0.89	49.84	280.7	— 203.49	+ 0.01	Kühlung mit
94	439.4	4967	55	1.10	50.00	242.4	— 204.54	+ 0.14	Luft unter
95	552.0	6177	75	1.20	50.47	199.0	— 205.86	+ 0.06	niederem Druck
96	440.8	4907	67	1.35	50.82	169.9	— 206.90	— 0.01	siedend
97	445.1	4909	68	1.36	51.08	135.2	— 208.27	+ 0.09	
98	395.0	4511	63	1.38	51.44	117.1	— 209.14	— 0.02	Mit Stromstoß
99	433.4	4863	77	1.56	51.63	100.1	— 210.06	+ 0.04	vor Beginn
100	397.3	4452	64	1.41	51.67	94.3	— 210.48	+ 0.12	der Heizung

die bei siedendem Sauerstoff auftretenden Siedeverzüge sind ausführliche Beobachtungen von Bestelmeyer[1]) angestellt worden. Dieselben ergaben, daß der Siedeverzug um so geringer ist, je größer die innere (durch elektrische Heizung hervorgerufene) und je kleiner die äußere (durch die Gefäßwände verursachte) Wärmezufuhr ist. Die Bedingungen sind bei meiner Versuchsanordnung denen des genannten Verfassers prinzipiell ähnlich. Man wird also seine Resultate wohl auf meine Anordnung anwenden können. Bildet man in der genannten Arbeit aus den Werten für die Heizung, die ihrem absoluten Betrage nach der Wärmezufuhr bei meinem Apparat vergleichbar sind, die Quotienten $\frac{\text{äußere Heizung}}{\text{innere Heizung}}$, und ordnet man dieselben nach ihrer Größe, so erhält man die folgende Reihe von Überhitzungen:

Äußere Heizung	0	0	0	0	0	[0]	0.7 Watt
Innere Heizung	9.7	0.9	0.9	9.7	0.6	[9.4]	0.9 Watt
Quotient	0	0	0	0	0	0	0.8
Überhitzung	0	0.03	0.03	0.04	−0.01	0.02	0.16 Cels.-Grade
Äußere Heizung	0.5	0.9	0.4	7.4	7.4	[4.3]	[3.8] Watt
Innere Heizung	0.5	1.8	1.0	0.9	0.9	[0.4]	[0.2] Watt
Quotient	1.0	2	2.5	8	8	11	19
Überheizung	0.23	0.29	0.28	0.47	0.51	0.58	0.93 Cels.-Grade

(Die mit [ ] bezeichneten Werte gehören einer anderen Versuchsreihe an, als die ohne Klammern.)

Aus den auf S. 7 angegebenen Zahlen folgt für meine Anordnung eine äußere Wärmezufuhr von 0.26 Watt im Maximum, 0.016 Watt im Minimum; aus den Tabellen I und II ergibt sich für die innere Heizung ca. 2.5 Watt, es ist also der erwähnte Quotient 0.007 bis 0.1. Für diesen Quotienten folgt aus der obigen Reihe eine Überhitzung von 0.06° im Maximum während des Heizens. Die Verwendung der unter Vermeidung von Siedeverzügen erhaltenen Dampfspannungskurven erscheint sonach unbedenklich.

In dem Diagramm Figur 8 bedeuten die Abszissen die in der beschriebenen Art erhaltenen Temperaturen, die Ordinaten die Verdampfungswärmen. Für Sauerstoff sowohl wie für Stickstoff geht hieraus eine geradlinige Abhängigkeit der Verdampfungswärme von der Temperatur hervor. Auch in diesem Diagramm zeigt sich aber, daß die Werte bei tiefen Drucken in den ersten Beobachtungsreihen systematisch höher sind als in den zweiten Reihen. Die Beobachtungswerte der beiden Reihen wurden deshalb einzeln durch Gerade nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen, wobei sich ergab:

$$\text{Sauerstoff } r'_o = 7.246 - 0.2393\,t$$
$$r''_o = 11.508 - 0.2164\,t$$

$$\text{Stickstoff } r'_N = -8.004 - 0.2848\,t$$
$$r''_N = -6.416 - 0.2765\,t$$

t Celsiusgrade.

Da die Versuchsanordnung bei den beiden Reihen, abgesehen von der Einrichtung des Thermoelementes T_{III}, das wohl in den Verlauf der Versuche keinerlei Änderung bringen kann, sich nur dadurch unterschied, daß an Stelle der Kupferzuleitungen solche aus Silber traten, und somit die Wärmezufuhr von außen auf den vierten Teil reduziert wurde, so muß auch die systematische Abweichung der beiden Reihen dieser Änderung zugeschrieben werden.

Daß beide Reihen nicht vollkommen übereinstimmen, hat also wohl seinen Grund darin, daß die Berechnung der äußeren Verdampfung nach der S. 5 und 6 beschriebenen Art der Wirklichkeit nicht ganz entspricht. Nun wird man annehmen dürfen, daß der offenbar vorhandene Fehler dem Gesamtwerte der äußeren Verdampfung proportional ist, da ja die Interpolationskurven der beiden Reihen gleicher Art sind.

Es sei für zwei in den übrigen Größen gleiche Versuche der beiden Reihen

$$r' = \frac{A}{M'} \qquad r'' = \frac{A}{M''},$$

wo A die zugeführte Energie, M' und M'' die (ungenau) berechneten verdampften Mengen bedeuten; es sei ferner M die in Wahrheit verdampfte Menge, dann ist

[1]) A. Bestelmayer, Ann. d. Phys. 14, S. 91, 1904.



$$M' = M + n\delta, \qquad M'' = M + \delta,$$

wenn δ der der zweiten Reihe noch anhaftende Fehler und n das Verhältnis der äußeren Verdampfung im 1. und 2. Falle ist. Dieses Verhältnis ist zwar selbst nicht unabhängig vom Druck; es ändert sich vor allem auch sprungweise deshalb, weil bei der ersten Reihe stets nur mit normal siedender Luft gekühlt wurde, bei den zweiten Reihen dagegen an bestimmten Punkten von der Sauerstoffkühlung zur Kühlung mit normal siedender Luft, oder von dieser zu einer solchen mit unter vermindertem Druck siedender Luft übergegangen wurde. Es kann aber mit vollständig ausreichender Genauigkeit n = konstant gesetzt werden, und zwar für

Sauerstoff n (Mittel) = 3.78
Stickstoff n (Mittel) = 3.82

Unter diesen Vorraussetzungen ist dann der wahre Wert der Verdampfungswärme

$$r = \frac{A}{M} = \frac{A}{M' - n\delta} = \frac{A}{M'' - \delta}. \qquad (1)$$

Durch Gleichsetzen von

$$M' - n\delta = M'' - \delta$$

und Einsetzen von

$$\delta = \frac{M' - M''}{n - 1} \qquad (2)$$

in eine der Gleichungen (1) gelangt man zu

$$r = \frac{(n-1)\, r'\, r''}{n\, r' - r''}. \qquad (3)$$

Diese Formel endlich geht mit erlaubten Vernachlässigungen über in

$$r = r'' - \frac{r' - r''}{n - 1}. \qquad (4)$$

Da für jede Abszisse die Werte für r' und r'' bekannt sind, ließen sich hieraus die einzelnen Werte für r berechnen. Man erhält aber sofort die ganze Kurve, auf der die r liegen, wenn man

$$r' = r'_1 - \alpha' t \qquad r'' = r''_1 - \alpha'' t$$

in Gleichung (4) einführt.

Durch Ordnen kommt man dann zu der Schlußformel

$$r = r''_1 - \frac{r'_1 - r''_1}{n - 1} - \left(\alpha'' - \frac{\alpha' - \alpha''}{n - 1}\right) t.$$

Setzt man hier die auf S. 24 angegebenen Werte r' r'' und α' α'' ein, so gelangt man zu den definitiven Gleichungen

für Sauerstoff $r = 12.88 - 0.2080\, t$
für Stickstoff $r = -\ 5.85 - 0.2736\, t$

(t Celsiusgrade)

oder wenn man absolute, mit dem Wasserstoffthermometer gemessene Temperaturen einführt

Sauerstoff $r = 69.67 - 0.2080\ T$
Stickstoff $r = 68.85 - 0.2736\ T$

$(T = t + 273.04)$

Unter Annahme des normalen Siedepunktes für Sauerstoff zu $-182.93°$ C., für Stickstoff zu $-195.55°$ C. berechnet sich aus diesen Formeln für atmosphärischen Druck

Sauerstoff $r_{760} = 50.92 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$
Stickstoff $r_{760} = 47.65 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$

Als Änderungsgröße der Verdampfungswärme mit der Temperatur ergibt sich hieraus für beide Komponenten der flüssigen Luft eine Konstante, und zwar

für Sauerstoff $\frac{dr}{dT} = -0.2080$
für Stickstoff $\frac{dr}{dT} = -0.2736$

Mit Verwendung der zuletzt angegebenen Formeln und des S. 21 erwähnten Materials für die Dampfspannung erhält man folgende Tabelle:

Tabelle III.

Sauerstoff:			Stickstoff:		
Druck mm Hg.	Temperatur Grad Cels.	Verd.-Wärme cal/g.	Druck mm Hg.	Temperatur Grad Cels.	Verd.-Wärme cal/g.
760	— 182.93	50.92	760	— 195.55	47.65
700	— 183.71	51.09	650	— 197.04	48.06
677	— 184	15	581	— 198	32
600	— 185.10	38	500	— 199.22	66
542	— 186	57	452	— 200	87
500	— 186.72	72	400	— 200.91	49.12
432	— 188	98	346	— 202	42
400	— 188.61	52.12	300	— 203.03	70
339	— 190	40	262	— 204	96
300	— 190.94	60	230	— 204.90	50.21
262	— 192	82	195	— 206	51
230	— 192.98	53.02	170	— 206.88	75
199	— 194	23	141	— 208	51.06
170	— 195.07	46	120	— 209	33
150	— 196	65	101.5	— 210	61
130	— 197.01	86	94.3	— 210.5	51.74
112	— 198	54.06			
90	— 199.43	36			
82	— 200	48			
70	— 200.95	68			
58.5	— 202	90			
50	— 202.97	55.10			
41.5	— 204	31			
35	— 205.0	55.52			

Vergleicht man die erhaltenen Resultate mit denen der auf S. 179, Jahrg. IX aufgezählten früheren Arbeiten, so findet man eine Übereinstimmung nur mit den Werten der ersten Arbeit von Shearer, die aber selbst in starkem Widerspruch mit den späteren Bestimmungen desselben Verfassers stehen, sowie mit den Resultaten von



Behn. Alle anderen Werte liegen zum Teil ganz außerordentlich viel höher, als die von mir erhaltenen. Ein solches Verhalten war nach den Ausführungen auf S. 5 auch zu erwarten. Die Übereinstimmung mit Behn scheint mir deshalb bemerkenswert, weil zwar die von ihm verwandte Methode des Verdampfens durch ein warmes Metallstück weniger zuverlässig sein dürfte, als die Verdampfung durch elektrische Heizung, andrerseits aber bei seiner Anordnung die Verdampfung auf den sehr geringen Wert von $\frac{1}{200}$ der gesamten Verdampfung herabgebracht wurde, und weil bei der Vermeidung von Zuleitungsdrähten die Annahme einer vor, während und nach dem Versuch konstanten Wärmezufuhr durch die Glaswände des Verdampfungsgefäßes, die selbst auf niedere Temperatur gebracht sind, berechtigt erscheint. Berechnet man aus den oben mitgeteilten Werten und der von Behn angegebenen Zahl den Prozentgehalt der von ihm verarbeiteten Luft unter der Annahme, daß die Verdampfungswärme eine additive Größe ist, so erhält man

$$O = \frac{50.8 - 47.65}{50.92 - 47.65} \times 100 = 96\%$$

Behn selbst schätzt den Gehalt der anscheinend sehr alten Luftprobe auf 93% O_2. —

Herrn Professor Ebert, der mir in der bereitwilligsten Weise aus den Mitteln des von ihm geleiteten Instituts die sehr beträchtlichen Hilfsmittel, die die Durchführung der vorliegenden Arbeit in großem Maßstabe erforderte, zur Verfügung stellte, sei an dieser Stelle hierfür der ergebenste Dank ausgesprochen.

Über Paul Möller's „Untersuchungen an Drucklufthämmern".

Von Dipl.-Ing. **Erich Lesser.**

(Fortsetzung).

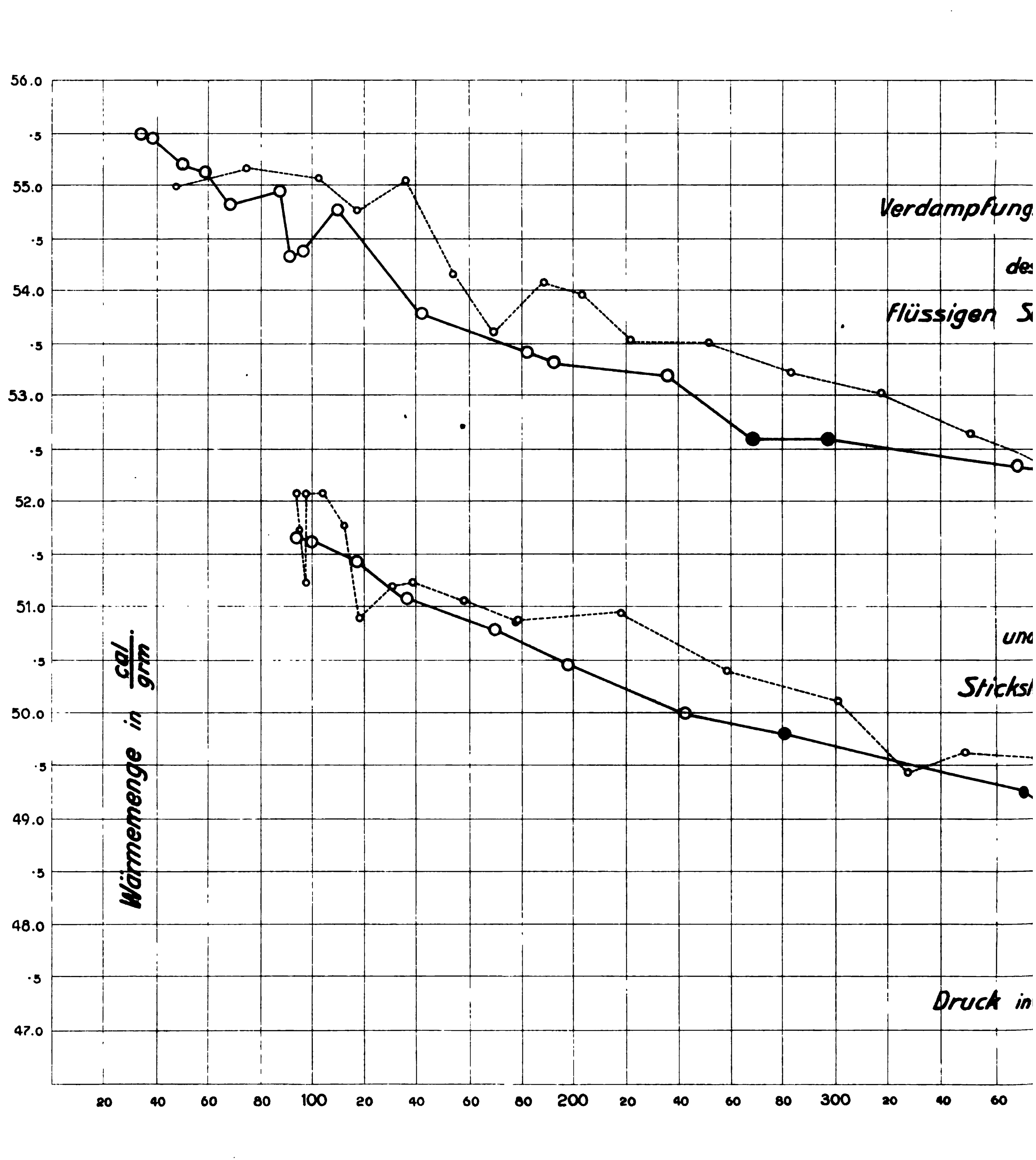
Nach Festlegung der gegebenen Gleichungen geht Dr.-Ing. Möller zum praktischen Beispiele über. Um für einen Drucklufthammer ohne Steuerventil der Firma Collet & Engelhardt a priori ein Diagramm zu entwerfen, sucht er zunächst den mittleren Einströmungsdruck dadurch festzustellen, daß er ein Manometer kurz vor dem Hammer an die Leitung anschließt. Der Zeiger des Manometers gerät wegen der unterbrochenen Einströmungen in schnelle Pendelung und grenzt einen Sektor auf der Skala ab, der annähernd genau abgeschätzt werden kann.

Über die Bestimmung des wirklich mittleren Druckes vor dem Hammer äußert sich nun Möller wörtlich folgendermaßen:

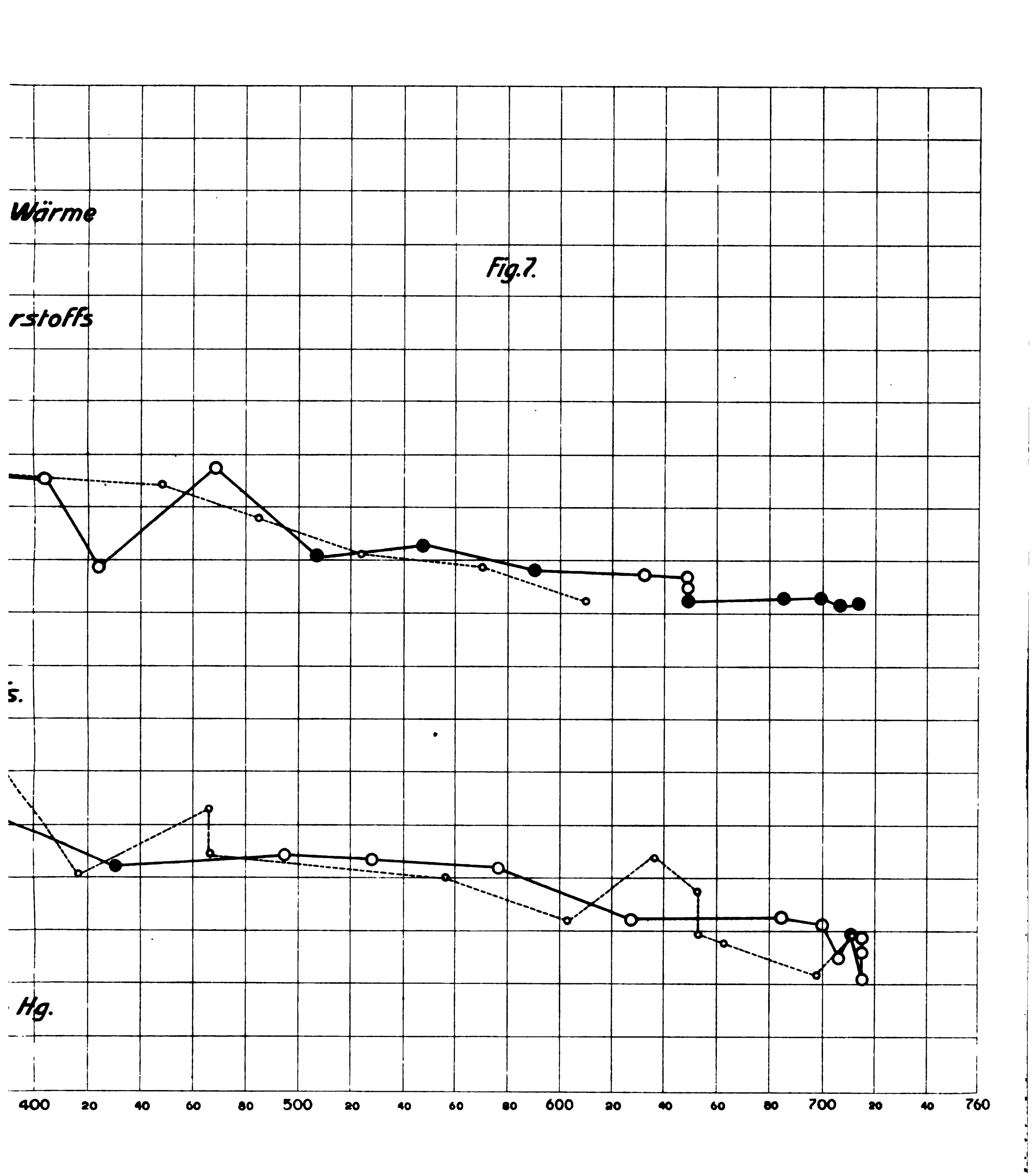
»Die Endlagen des Zeigers geben jedoch nicht den höchsten und geringsten Wert des Druckes an, sondern der Zeiger pendelt infolge seiner außerordentlich schnellen Bewegung nach oben und nach unten über die richtigen Endlagen hinaus. Der Druck kann naturgemäß unmittelbar vor dem Hammer nicht höher steigen, als er in der Leitung ist. Wenn also der Zeiger unmittelbar am Hammer den Druck von 6,3 at angibt, während in der Leitung 6 at herrschten, so zeigt das, daß der Zeiger um etwa 0,3 at über den höchsten Druck hinaus pendelte. Nimmt man an, daß das Maß der Pendelung auch beim geringsten Druck ebenso hoch war, so würde, wenn der Zeiger als geringsten Druck vor dem Hammer 4,8 at angeben würde, der geringste Druck in Wirklichkeit auf 5,1 at zu schätzen sein«.

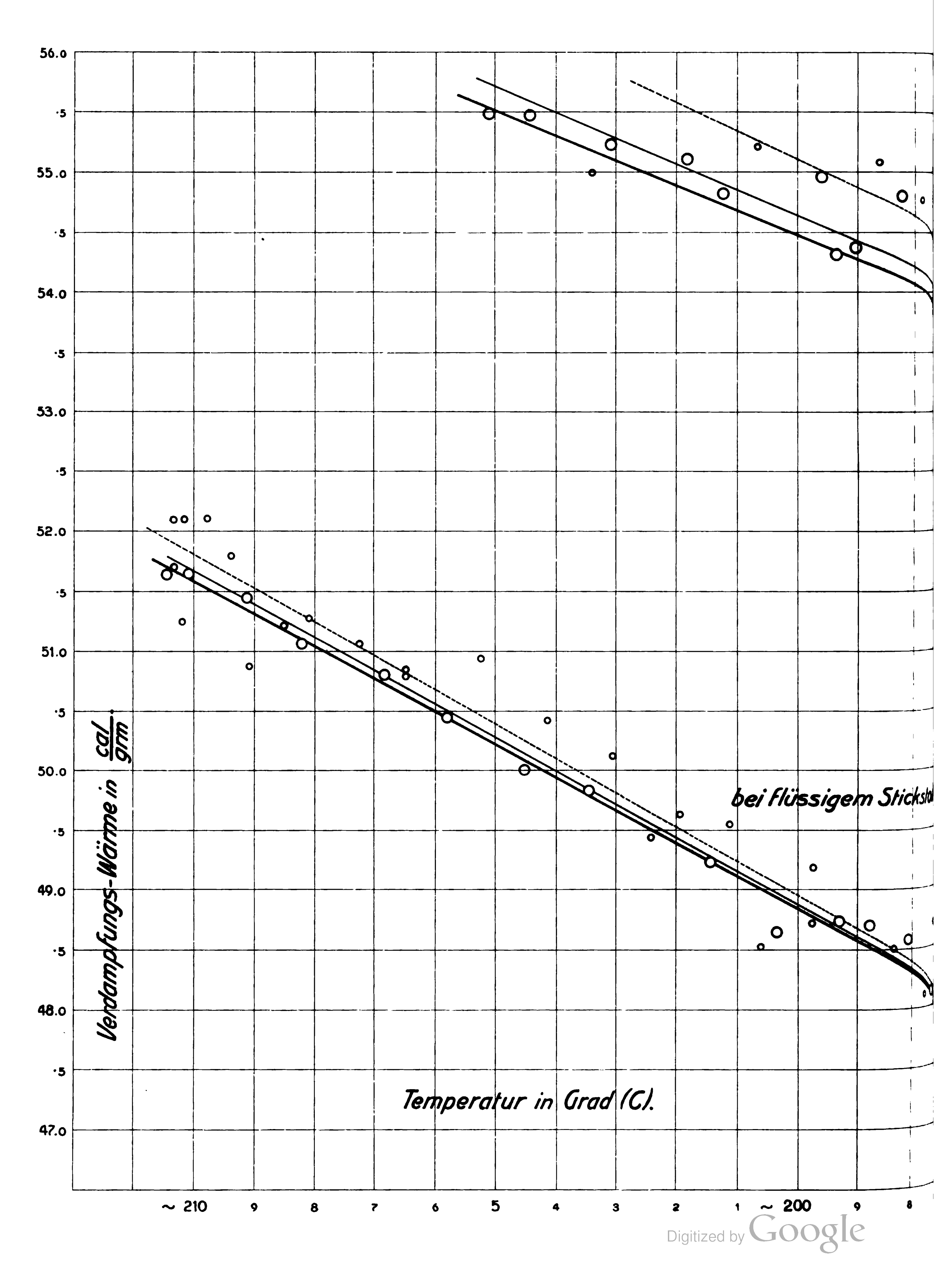
Der Möllerschen Anschauung, welche in diesen Sätzen zum Ausdruck kommt, möchte ich widersprechen. Zunächst ist nicht nur die Geschwindigkeit des Manometerzeigers, sondern auch die Geschwindigkeit, mit welcher die einzelnen Impulse auf einander folgen, für die Amplitude der Zeigerpendelung maßgeblich. Folgt einem Impulse, der ein Steigen des Zeigers bedingt, sehr schnell ein zweiter, welcher ein Fallen des Zeigers verursacht, so kann es leicht geschehen, daß der Zeiger nicht genügend Zeit zum Ausschwingen findet, sodaß seine Angabe hinter dem wirklichen Werte zurückbleibt.

Hiermit steht das angegebene Steigen des Druckes kurz vor den Hammer über den Leitungsdruck hinaus noch nicht im Widerspruch, denn es ist tatsächlich denkbar, daß eine Luftsäule, welche sich in schneller Bewegung befindet, bei plötzlicher Bewegungshemmung



H. Alt, Verdampfungswärmen.


Wärme
Fig. 7.
rstoffs
s.
Hg.
400
20
40
60
80
500
20
40
60
80
600
20
40
60
80
700
20
40
760



H. Alt, Verdampfungswärmen.

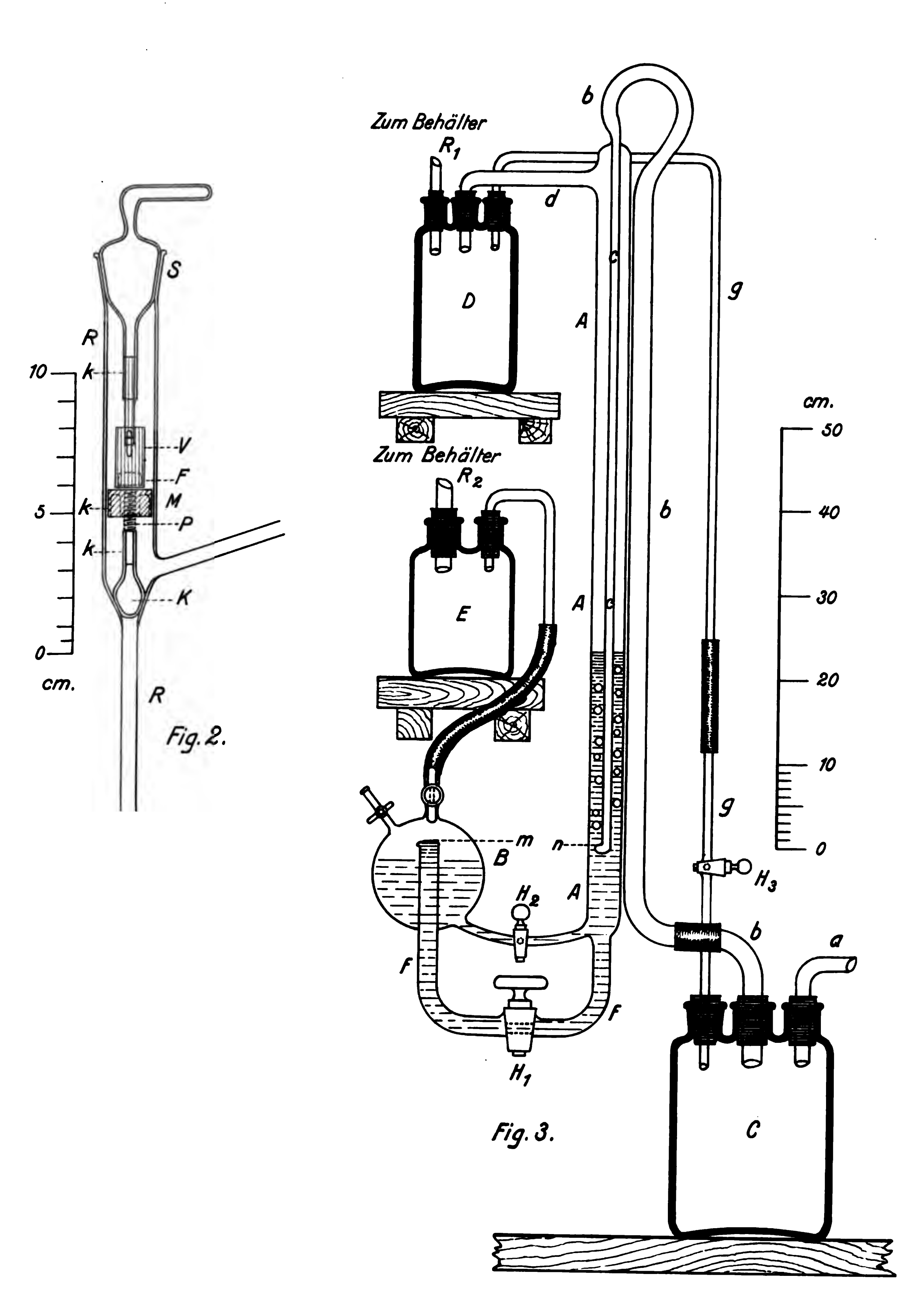

S
R
10
k
V
F
5
k
M
P
k
K
0
cm.
R
Zum Behälter
R1
b
d
D
A
g
Zum Behälter
R2
E
A
b
cm.
50
40
30
20
10
0
g
B
m
n
A
H2
H3
b
a
f
f
H1
C

Fig. 2.

Fig. 3.

einen Druckanstieg verursacht. Ähnliche Beobachtungen sind bei Messung der Schieberkastendrücke von Dampfmaschinen gemacht und durch die Trägheit der bewegten Dampfmassen auf einfache Weise erklärt worden. Ob nun in unserem Falle der gemessene Höchstdruck dem Tatsächlichen entspricht, ob er zu hoch oder zu tief liegt, das entzieht sich der Beurteilung.

Leitungsdruck bedeutet, der nach der Annahme gleich dem wirklichen maximalen Drucke vor dem Hammer ist. Im gegebenen Fall ist pa = 5,1 at, pa' = 5,55 at. Der Kolben hat einen Durchmesser d_1 = 30 mm, d_2 = 32 mm, sodaß die Größe der Ringfläche $f = \frac{(d_2^2 - d_1^2)}{4} \pi$ = 97,39 qmm beträgt und der von Möller als konstant angenommene Druck auf diese Fläche,

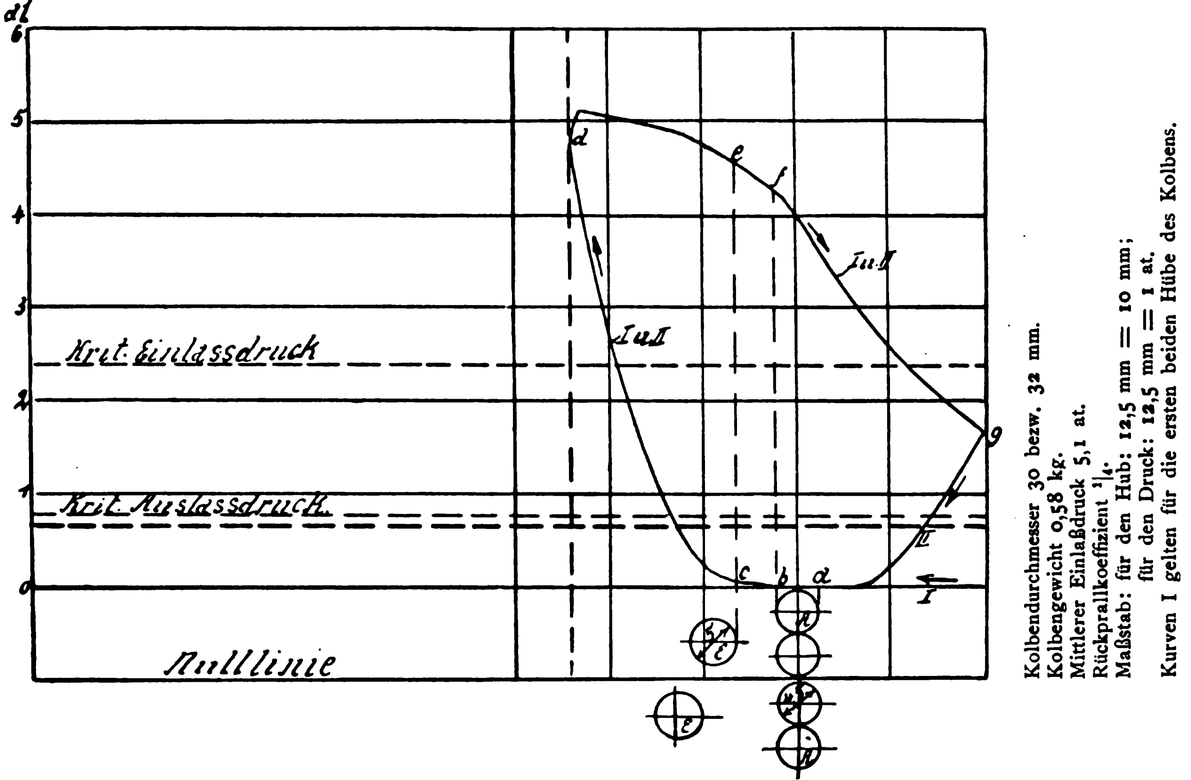


Fig. 2. Diagramm eines Hammers, Bauart Collet & Engelhardt.

Nach Festlegung der Drucke vor dem Hammer geht Möller zur Konstruktion des Diagramms über (s. Figur 2). Für die Konstruktion des Spannungsverlaufes während des Arbeitshubes nimmt er als Spannung pa das Mittel aus dem beobachteten maximalen und minimalen Drucke an:

$$pa = \frac{pmar + pmin.}{2}$$

Der Rückgang des Arbeitskolbens wird durch den Druck der Luft auf eine schmale Ringfläche unterstützt. Da wegen des geringen Luftverbrauches bei diesem Hube die Luftgeschwindigkeit und damit auch der Druckverlust in der Leitung gering werden, nimmt Möller für den Rückhub einen größeren Druck pa' an und zwar setzt er $pa' = \frac{pL + pa}{2}$ wo pL den

P = 5,55 . 0,9739 = 5,41 kg. Die Reduktion dieses Druckes auf die Kolbenfläche $F = \frac{d_2^2 \pi}{4}$ ergibt

$$p = \frac{5{,}41}{\frac{d_2^2 \pi}{4}} = 0{,}67 \text{ kg/qcm.}$$

Dieser Druck ist im Diagramm durch die stark gestrichelte Linie angedeutet. Die fein gestrichelten Linien geben die kritischen Drucke für den Einlaß und den Auslaß an. Der kritische Einlaßdruck ergibt sich aus der Gleichung $\frac{pe}{pa} = 0{,}555$, wenn für pa der Werf 6,1 at abs. eingesetzt wird, zu pe = 3,36 at abs. Um den Wert für den kritischen Druck der Ausströmperiode zu erhalten, hat man für pe den Gegendruck der Atmosphäre pe = 1 at abs. einzuführen und erhält pa = 1,8 at abs. Die Ent-

fernung des Koordinatenanfanges wurde durch Division des Zylinderinhalts durch den Zylinderquerschnitt gefunden. Das Kolbengewicht beträgt 0,58 kg. Auf die Reibung und das Gewicht des Kolbens ist Rücksicht genommen (Reibungskoeffizient 0,15) dabei ist angenommen, daß der Hammer, wie üblich, um 30° gegen die zu bearbeitende Fläche geneigt gehalten wird. Die Gewichtskomponente in der Bewegungsrichtung wäre Pg = 0,58 sin 30° = 0,29 kg und der Druck pro qcm Kolbenfläche $pg = \frac{0{,}29}{\frac{d^2{}_2 \pi}{4}} = 0{,}036$ kg/qcm.

Dieser Druck p arbeitet beim Niedergange des Kolbens auf eine Beschleunigung, beim Hochgange auf eine Verzögerung der Kolbenbewegung hin. Die Reibungskraft ist

$$R = 0{,}58 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0{,}15 = 0.0755 \text{ kg}$$

und die Reibungskraft pro qcm Kolbenfläche

$$pr = \frac{0{,}0755}{\frac{d_2{}^2 \pi}{4}} = 0{,}0094 \text{ kg|qcm.}$$

Diese Kraft bedeutet beim Hochgange wie beim Niedergange des Kolbens eine Verzögerung der Kolbenbewegung.

Bei Inbetriebsetzung des Hammers ruht der Kolben in seiner tiefsten Lage. Der Druck, welcher hinter die Ringfläche tritt, bewirkt den Hochgang des Kolbens. Auf der anderen Seite ist zunächst der Auspuff geöffnet. Bei Abschluß der 4 Auspufflöcher A beginnt gleichzeitig mit dem Auspuff Kompression (Kurvenstück a bis b). Die reine Kompression (b bis c) dauert so lange, bis die Einströmkanäle E geöffnet werden und es folgt eine Periode (c bis d), in der zugleich Einströmung und Kompression herrschen. Die Umkehrung erfolgt angenähert in dem Augenblicke, wo die Arbeitsfläche für die obere Zylinderseite gleich der für die untere geworden ist. Auf dem Rückwege herrscht zunächst Einströmung und Expansion (d bis e). Möller sagt wörtlich: »Um den in der Figur nach rechts abfallenden Teil der Kurve zu konstruieren, nimmt man für eine beliebige Wegstrecke einen Spannungsabfall nach Gutdünken an und berechnet den weiteren Verlauf der Kurve nach der früher angegebenen Regel. Das Ergebnis wird im allgemeinen eine Zickzacklinie sein, die sich aber leicht durch eine Gerade ersetzen läßt«. Es erscheint im ersten Augenblick merkwürdig, daß der Spannungsabfall für eine beliebige Wegstrecke beliebig angenommen werden kann. Ich gebe die nachfolgende Rechnung, einmal um den Rechnungsgang klar zu legen, dann, um zu zeigen, daß verschiedene Annahmen denselben Verlauf der Kurve mit sich bringen.

Es werde der Verlauf der Einström- und Expansionskurve vom Punkte höchsten Druckes $p_1 = 6{,}1$ at abs. an ermittelt. Das in diesem Punkte hinter dem Kolben befindliche Volumen ist

$$V_1 = 5{,}88 \text{ (cm)} \cdot 8{,}04 \text{ (qcm)} = 47{,}3 \text{ ccm.}$$

Die Entfernung des Kolbens von seinem Umkehrpunkte betrage 0,1 cm. Bei einer Weiterbewegung des Kolbens um einen Weg von $ds_1 = 0{,}2$ cm sinke der Druck um 0,05 at, so daß $p_2 = 6{,}05$ at wird. Der Volumenanwachs ist $d\,V_1 = 0{,}2 \cdot 8{,}04 = 1{,}608$ ccm. Es soll nun der Druck p_3 für eine weitere Fortbewegung des Kolbens um den Weg $ds_2 = 0{,}2$ cm, entsprechend einem Volumenanwachs $d\,V_2 = 1{,}6808$ ccm ermittelt werden. Hierzu die folgende Rechnung:

Kolbengeschwindigkeit im Punkte 2

$$v = \sqrt{\frac{pm \cdot F \cdot s}{\frac{m}{2}}}$$

pm = 5 at mittl. Überdruck auf Oberseite Kolben,
— 0,67 at mittl. Überdruck auf Unterseite Kolben, red.,
— 0,0094 at Reibungskraft,
+ 0,036 at Gewichtskraft,

pm = 4,357 at.

$$F = 8{,}04 \text{ qcm}$$
$$s = 0{,}1 + 0{,}2 = 0{,}3 \text{ cm} = 0{,}003 \text{ m}$$
$$m = \frac{0{,}58}{9{,}81} = 0{,}0592, \text{ hieraus}$$
$$v = \sqrt{\frac{4{,}375 \;.\; 8{,}04 \;.\; 0{,}003}{0{,}0296}} = 1{,}884 \text{ m}$$
$$dt = \frac{ds_2}{v} = \frac{0{,}002}{1{,}884} = 0{,}001061 \text{ sec.}$$
$$d\,V' = 2 \;.\; f \;.\; u \;.\; dt$$

(Einströmung der Luft durch 2 Löcher vom Querschnitte $f = \frac{5^2 \pi}{4}$ qmm)

$$u = 9/10 \;.\; 755 \;.\; \sqrt{1 - \left(\frac{6{,}05}{6{,}1}\right)^{1/5}}$$

(Der Faktor 9/10 ist mit Rücksicht auf die mehrfach gekrümmten Einlaßkanäle eingeführt).

$$\left(\frac{6{,}05}{6{,}1}\right)^{1/5} = \text{Num } {}^1/_5 \log 0{,}9918$$
$$= \text{Num } {}^1/_5 (0{,}99642{-}1)$$
$$= \text{Num } 0{,}199284{-}0{,}2$$
$$= \text{Num } 0{,}999284{-}1$$
$$= \text{Num } 0{,}99835$$

demnach u = 27,59 m entprechend 2759 cm also $dV' = 2 \,.\, 0{,}1964 \,.\, 2759 \,.\, 0{,}00103 = 1{,}12$ ccm

$$dp = \frac{dV' p' - dV_2 p_2}{V_3},\quad p' = p_2$$

$V_3 = V_1 + dV_1 + dV_2 = 46{,}662$ ccm, also

$$dp = \frac{(1{,}12 - 1{,}78) \,.\, 6{,}05}{46{,}662} = - \frac{3{,}385}{46{,}662} = - 0{,}072 \text{ at}$$

sodaß $\underline{p_3} = p_2 + dp = 6{,}05 - 0{,}072 = \underline{5{,}978 \text{ at}}$ abs. wird. Es werde jetzt die 2. Annahme $p_2 = 6$ at abs. gemacht.

Es ergibt sich:

$$u = {}^9|_{10} \,.\, 755 \,.\, \sqrt{1 - \left(\frac{6}{6{,}1}\right)^{1/5}} = 39{,}1 \text{ m}$$

$$dV' = 2 \,.\, 0{,}1964 \,.\, 3910 \,.\, 0{,}001031 = 1{,}584 \text{ ccm}$$

$$dp = \frac{(1{,}584 - 1{,}681) \,.\, 6}{46{,}662} = - 0{,}0123 \text{ at und}$$

$$p_3 = 6{,}0 - 0{,}0123 = 5{,}988 \text{ at abs.}$$

Die Rechnung macht keinen Anspruch auf größte Genauigkeit, da sie mit dem Rechenschieber durchgeführt wurde. Sie ergibt für beide Annahmen annähernd denselben Endwert des Druckes.

Nach Abschluß der Einströmung im Punkte e herrscht bis zur Eröffnung der 4 Auspufflöcher in f reine Expansion. Die Kurve e bis f wäre aus dem Nullpunkte des Systems heraus zu konstruieren. Der angenommene Wert des Exponenten ist von Möller nicht angegeben worden. Vom Punkte f bis g herrschen Expansion und Auspuff gemeinschaftlich. Die Kurve f bis g ist nach dem gleichen Verfahren wie d bis e zu konstruieren, nur daß pa jetzt die Spannung im Hammer, pe die Atmosphärenspannung darstellt. Im Augenblicke, wo der Kolben den Meißel trifft, tritt nach Ansicht Möllers ein Spannungsabfall während der Dauer des Stoßes ein. Diesen vernachlässigt Möller jedoch, weil die Zeitdauer des Stoßes außerordentlich klein, also der Spannungsabfall ebenfalls außerordentlich gering sei und weil die Unterlagen zur Berechnung des Stoßes unzulänglich seien. Nachdem der Kolben den Meißel getroffen hat, prallt er zurück, und zwar »mit einer Geschwindigkeit, die einen Bruchteil der Aufschlaggeschwindigkeit beträgt«. Während der Kolben seinen Rückweg antritt, herrschen gleichzeitig Kompression und Auspuff der noch unter Spannung im Zylinder zurückgebliebenen Luft (Kurve II) usw. (Forts. folgt.)



Gussputzhäuser.

Von Dipl.-Ing. **Franz Greger.**

(Schluß.)

Es lag nun nahe, die befriedigende Lösung noch weiter auszudehnen und die Vorteile des Freistrahles in Verbindung zu bringen mit den Vorteilen, die der Rotationstisch zum Putzen von kleineren Gegenständen aufweist. Gutmann hat deshalb Putzhäuser konstruiert, bei denen diese Kombination (D. R.-P.) erfolgt ist.

Die Bauart des Putzhauses ist die vorher beschriebene, mit dem Unterschied, daß auf der einen Seite des Gehäuses ein drehbarer Tisch angeordnet ist, dessen Vertikalachse mit der Wand des Hauses zusammenfällt. Der Luftschleier hat wie vorher schräge Richtung, und die Freistrahldüse wird wieder hinter einem durchsichtigen Vorhang vom Arbeiter geführt. Die Aufhängung der Düse ist ebenfalls dieselbe. Der Tisch ist nicht kontinuierlich drehbar, sondern läßt sich je nach Bedarf um 180° drehen. Eine Scheidewand verhindert das Einströmen der Außenluft in das Gehäuse. Die zu bearbeitenden Gegenstände werden von dem außerhalb des Putzraumes stehenden Arbeiter auf die eine Hälfte des Tisches aufgelegt, dann wird der Tisch um 180° gedreht und die Stücke im Innern des

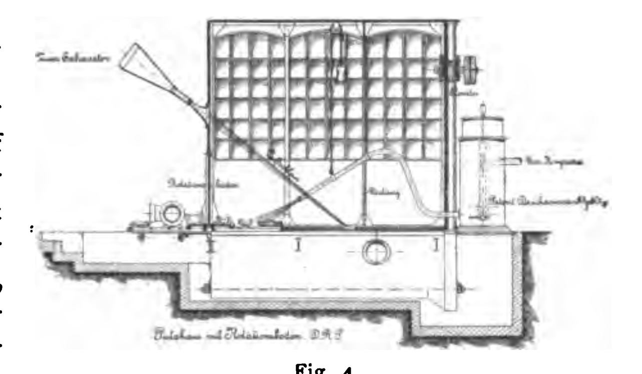


Fig. 4.

Putzhauses dem Sandstrahle ausgesetzt. Nachdem die dem Strahle zugekehrten Seiten gehörig gereinigt sind, wird der Tisch, dessen andere Häfte währenddem ebenfalls mit Gußstücken belegt wird, um 180° gedreht, die be-

reits einmal bearbeiteten Stücke werden außerhalb so umgelegt, daß bei abermaliger Drehung ihre unbearbeiteten Seiten dem Sandstrahl ausgesetzt werden. Die fertigen Stücke werden abgenommen usf.

Die Tischfläche liegt zu ebener Erde, so daß auch größere Stücke bequem auf Wagen durch die in der Seitenwand des Putzhauses angebrachte Tür hereingefahren werden können.

Diese von Gutmann ausgeführten Putzhäuser sind neueren Datums. Folgende Zusammenstellung soll ein Bild geben von der Art, der Düsenzahl und den Dimensionen derartiger Gebäude.

Nr.	Art	Düsenzahl	Grundfläche des Putzraumes	Inhalt des Putzraumes	Außenmaße des Hauses			Ausstattung
			exklusive Bedienungsraum		Länge m	Breite m	Höhe m	
1	Ohne Elevator und Schnecke	1 Düse à 10 mm	1,5×2 = 3 qm	8,8 cbm	2,64	2,0	2,7	
2	Mit Elevator und Schnecke	1 Düse à 10 oder 16 mm	2,75×2,5 = 6.8 qm	18,3 cbm	3,86	2,5	2,7	Mit Drehscheibe
3			2,75×2,5 = 6,8 qm	18,3 cbm	3,86	2,5	2,7	Mit Rotationsboden
4		2 Düsen à 10 oder 16 mm	3,35×3,5 = 11,6 qm	34 cbm	4,46	3,5	2.7	Mit Drehscheibe

In Fig. 5 bringen wir noch die photographische Ansicht eines von Gutmann ausgeführten Putzhauses.

Man erkennt deutlich, wie die durch einen breiten Schlitz am Boden des Hauses einströmende Luft eine über die ganze Breite des Hauses gehende Zone passiert und durch einen breiten Schlitz wieder abgesaugt wird.

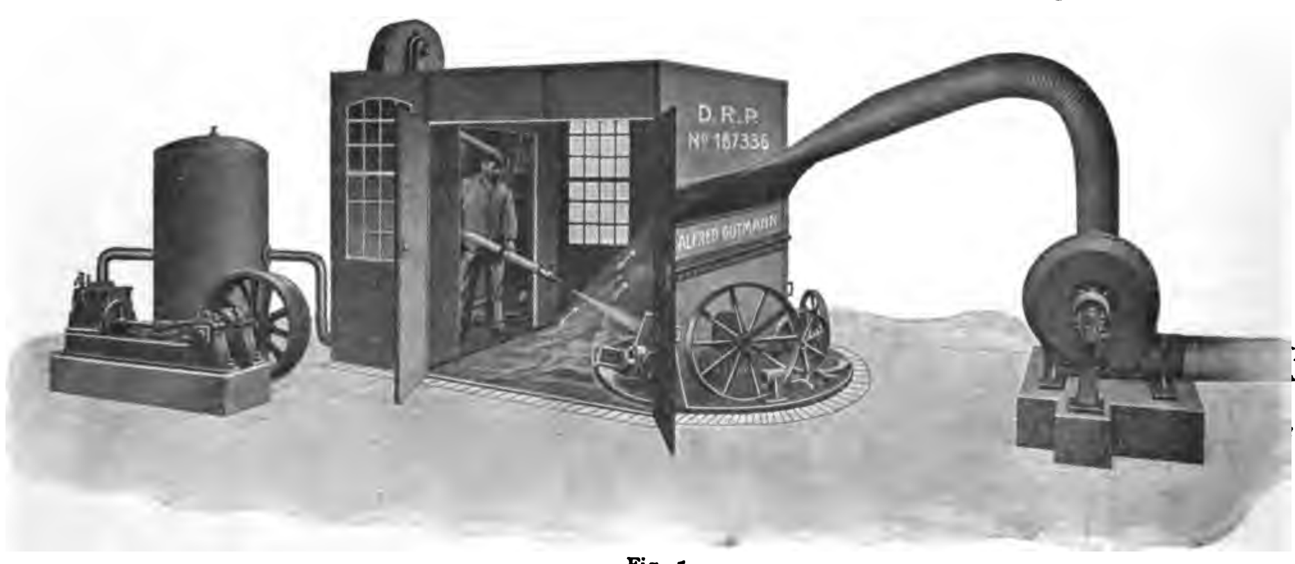


Fig. 5

Bestimmte Angaben über die Leistungen, welche mit solchen Putzhäusern erzielt werden, lassen sich infolge des verschiedenartigen Materials, sowie der Verschiedenheit der Dimensionen der Gußstücke nicht machen.

Es sei nur zum Beweise der Leistungsfähigkeit mitgeteilt, daß nach Angaben von Gutmann in einer Gießerei mit zwei Leuten in 7 Stunden 8000 kg Guß im Gewichte von ½ bis 200 kg geputzt wurden.

Auch die Größe der verwendeten Exhaustoren muß von Fall zu Fall bestimmt werden, da sie nicht nur von den Dimensionen des Putzhauses, sondern auch von der Art der in demselben vorgenommenen Beschäftigung abhängt.



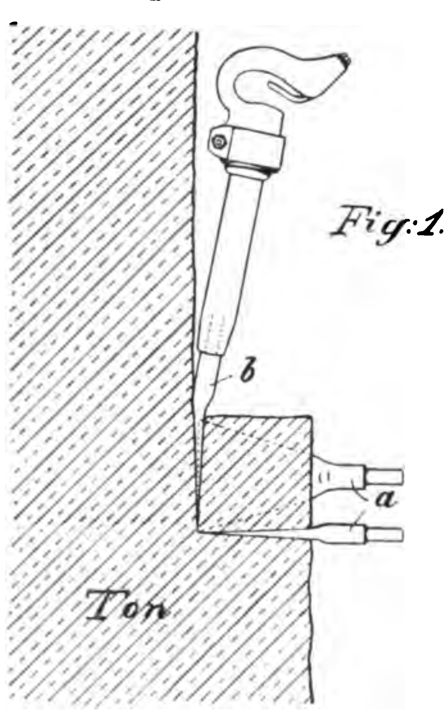
Pressluftwerkzeuge zur Tongewinnung.

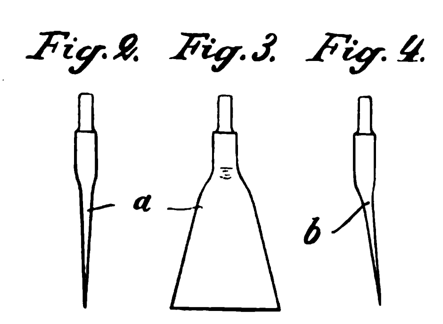
Von **Otto Simon**, Düsseldorf.

Zu der großen Zahl der Verwendungsarten der Preßluft, dieses vorzüglichen und modernen Betriebsmittels, hat sich noch eine gesellt, welche nach dem Urteil der interessierten Kreise eine große Erleichterung gegenüber der jetzigen Arbeit von Hand bedeutet. Es wird sich diese Arbeitsmethode ohne Zweifel aus diesem Grunde sehr schnell Eingang verschaffen.

Wer jemals Gelegenheit hatte, aus eigener Anschauung die heutige Tongewinnung, womöglich unter Tage, kennen zu lernen, weiß, wieviele Schweißtropfen diese Arbeit von den Ausführenden verlangt. Mit den schwersten Äxten gehen hier die Arbeiter zu Werke und zwar mit einer ganz enormen Kraftentfaltung, die ich, speziell für die Hauer, für weit schwerer und anstrengender halte, als die Arbeit des Bergmannes im Kohlenbergwerk. Der Ton besitzt zum größten Teil eine kaum glaubliche Zähigkeit und von einem Abbrechen oder Weiterbrechen der einzelnen Stücke, wie dies z. B. bei Kohle möglich ist, kann hier absolut keine Rede sein, da dem Ton stets eine gewisse Feuchtigkeit anhaftet, die dazu beiträgt, dem Material einen Zusammenhalt zu geben, der großen Widerstand leistet. Hierzu kommt noch, daß das Arbeiten mit der Axt eine gewisse Geschicklichkeit erfordert, damit zu viel Abfall in Form kleiner Brocken vermieden wird, denn es liegt ein großer Vorteil darin, möglichst gleich große Stücke zu fördern. Deshalb stellt sich auch die Arbeitsweise von Hand ziemlich teuer. Schließlich ist sie auch nicht ungefährlich, da sehr oft Verletzungen der Füße der Arbeiter durch die Werkzeuge herbeigeführt werden. Außerdem waren, zufolge der bei der Arbeit stets nach vorn gebückten Stellung, Brustleiden und Blutandrang nach dem Kopfe ständige Berufskrankheiten der Arbeiter. Auch der Nachteil bestand noch, daß die mit der Axt gelösten Stücke stets von ungleicher Größe und unregelmäßiger Form waren.

Diese zahlreichen Übelstände sind nunmehr durch ein inzwischen patentiertes Verfahren sämtlich beseitigt worden. Die neue, während eines längeren Betriebes ausprobierte Methode hat alle Klagen verstummen lassen und das Gewinnen des Tones ist durch sie ein viel rationelleres geworden. — Diese neue Arbeitsmethode besteht darin, daß unter Benutzung der bekannten Preßluft-Meißelhämmer spatenähnliche Werkzeuge, die ich Tonmesser nenne,





zur Verwendung kommen, wie sie aus umstehender Abbildung ersichtlich sind. Die Messer bezw. das mit denselben erzielte Verfahren zur Gewinnung von Ton in Verbindung mit Preßluft-Hämmern, wurden vom deutschen Patentamte patentiert.

Die breiten Tonmesser treten also an Stelle der gewöhnlichen Meißel und werden, nachdem in der betreffenden Tonwand ein Einschnitt hergestellt ist, mittelst des Preßlufthammers

ein oder mehrere solche Werkzeuge von geradem Schaft »a« erst in wagerechter Richtung und dann in senkrechter Richtung in die Tonwand eingetrieben. Alsdann wird durch Einführen des gekröpften Messers »b«, wie es die Abbildung darstellt, an der Rückwand der vorderen Tonschicht der durch die senk- und wagerechten Schnitte abgegrenzte Block hinten vollständig abgetrennt, so daß er ohne weiteres abgehoben werden kann, worauf die Prozedur von neuem beginnt. Es lassen sich, je nachdem das Messer in wagerechter Richtung ein oder mehrere Male bei jedem Block eingetrieben wird, quadratisch oder rechteckig gestaltete Blöcke abschneiden. — Die Messer sitzen auch hier, wie die Meißel und Stemmer etc. lose im Hammer und bleiben nach dem Eintreiben im Ton sitzen, bis der letzte Schnitt gemacht ist und der Block abgenommen werden kann. Alsdann werden auch sämtliche Messer wieder frei. Jedem Arbeiter müssen also stets eine größere Zahl von Messern an seinem Arbeitsplatze zur Verfügung stehen.

Auf diese Weise bedient man sich also heute der Preßluft auch in der Tongrube mit großem Vorteil und wenn sich anfangs auch einige Schwierigkeiten in bezug auf das Material der Messer, die Gestaltung des Schaftes, die Messerform etc. einstellten, so sind diese Kinderkrankheiten, die sich bei einer Neuerung nicht umgehen lassen, sämtlich mit bestem Erfolg überwunden worden und die Anlagen arbeiten jetzt mit großem Nutzen, da, wie bereits bemerkt, alle Nachteile gegenüber dem Betriebe durch Hand vermieden sind. Daß dabei die Arbeitsleistung unter Benutzung der Preßlufthämmer eine größere ist als bei Handarbeit, brauche ich an dieser Stelle nicht erst hervorzuheben.

Außer in der Tongrube werden diese Messer mit gleichem Vorteil auch für festen Lehm verwendet und man ist jetzt dabei, auch in Torf eingehende Versuche zu machen. —

Bemerkt sei noch, daß die ersten Anlagen dieser Art von der Preßluftgesellschaft in Düsseldorf ausgeführt wurden, die sich die anfänglichen Versuche sehr angelegen sein ließ und weder Zeit noch Geld geschont hat, sie zu einem guten Ende zu führen, was inzwischen erfreulicherweise erreicht wurde.

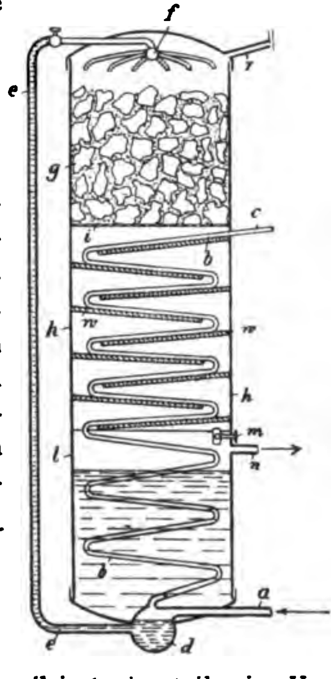


Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



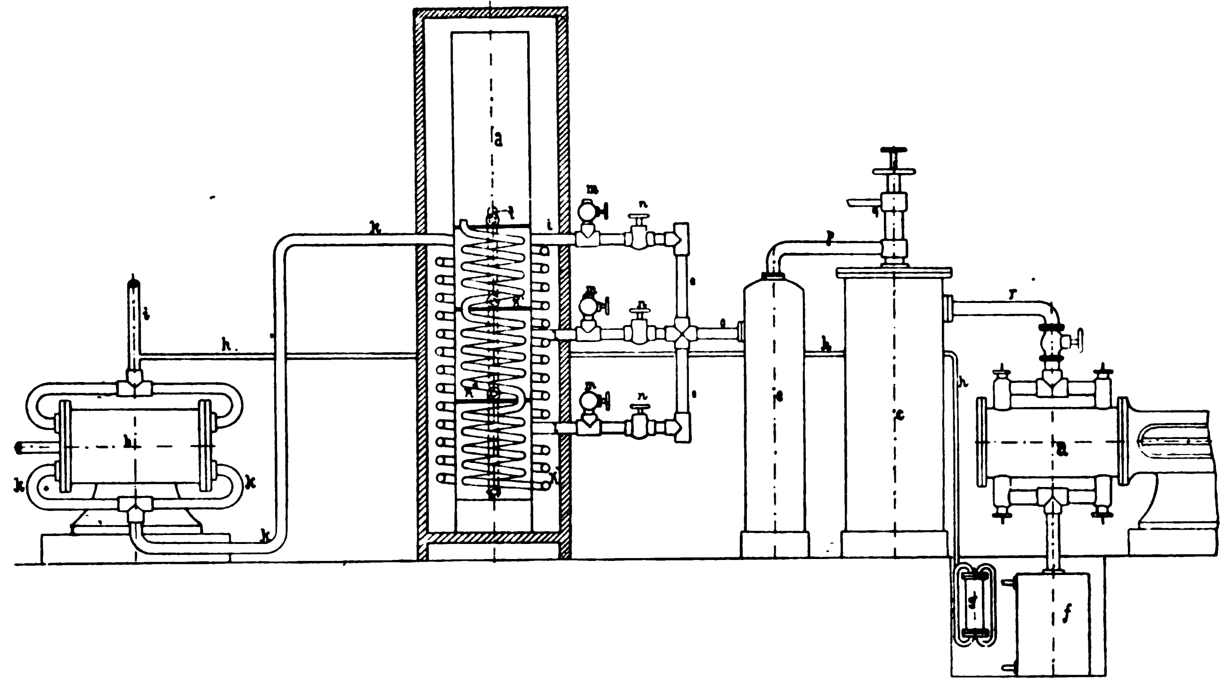
Verfahren zur Verflüssigung und Zerlegung von Gasgemischen. Georges Claude in Paris. D. R.-P. Nr. 173276. Das vorliegende Verfahren besteht im wesentlichen in der teilweisen und fortschreitenden Verflüssigung des zu zerlegenden Gasgemisches, beispielsweise Luft, unter solchen Bedingungen, daß die verflüssigten Teile sofort nach ihrer Verflüssigung zurückfließen und diese Bewegungsrichtung bis an das Eingangsende des Verflüssigers beibehalten, um sich dort zu sammeln, während die gasförmig bleibenden Bestandteile ihre ursprüngliche Bewegungsrichtung bis zum Austrittsende des Verflüssigers beibehalten. Die zu zerlegende Luft kommt bei a bereits abgekühlt in die Rohrschlange b, welche unten in die im Gefäß e befindliche flüssige Luft taucht und oben von der aus dem Gefäß h herabfließenden flüssigen Luft berieselt wird. Die äußere Flüssigkeit muß unter geringerem Druck stehen. Die in den Kondensator b eingeführte Luft erleidet auf ihrem Wege durch den in genannte Flüssigkeit eintauchenden Teil des Kondensators b eine teilweise Verflüssigung. Diese Verflüssigung erstreckt sich hauptsächlich auf den einen höheren Siedepunkt besitzenden Sauerstoff der eingeführten Luft, während der gasförmig bleibende Teil der in b aufsteigenden Luft immer mehr Sauerstoff verliert Da die erzeugte Flüssigkeit infolge der Steigung des Kondensators b im Gegenstrom zu der abziehenden gasförmigen Luft abwärts fließt, so entzieht sie hierbei durch Berührung dem entgegenströmenden Gas immer mehr Sauerstoff, bis sie, unten angelangt, einen Gehalt von 45 bis 55 Proz. hat, während das bei c austretende Gas so reich an Stickstoff ist als gewünscht wird. Die so entstandene sauerstoffreiche flüssige Luft sammelt sich in d und kann, wenn ein Erzeugnis von 45—55 Proz. Sauerstoffgehalt gewünscht wird, außerhalb b verdampft werden; sie kann auch zwecks weiterer Sauerstoffan

reicherung noch einer Rektifikation unterworfen werden. Zu diesem Behufe läßt man von d aus die in b gebildete Flüssigkeit durch den Druckunterschied im Rohre e emportreiben und die Brause f auf eine Rektifikationssäule g gelangen, welche von unten nach oben von den in der Abteilung h entstehenden Dämpfen durchströmt wird. Während dieses Aufstieges geben die letzteren an die herabrinnende Flüssigkeit Sauerstoff ab und verlassen die Rektifikationssäule bei r mit einem Sauerstoffgehalt von nur noch ungefähr 21 Proz. Andererseits verläßt die flüssige Luft die Rektifikationssäule g durch das Sieb i sehr reich an Sauerstoff mit beispielsweise 80 Proz. Gehalt und rieselt über die in der Abteilung h staffelförmig untereinander angeordneten geneigten Flächen w, hierbei in ständiger Berührung mit dem Kondensator b sowie mit den ihr entgegenströmenden, während dieses Vorganges aus ihr selbst entwickelten Dämpfen bleibend, weil in h eine teilweise Verdampfung der herabfließenden Flüssigkeit bewirkt wird. Diese Dämpfe sind es, welche in der Rektifikationssäule g emporsteigen. Die Flüssigkeit bereichert sich mithin auch auf ihrem Wege durch die Abteilung h fortschreitend mit Sauerstoff. Der Sauerstoffgehalt derselben kann auf diese Weise, je nach der Länge der Rektifikationssäule g und der Abteilung h, beliebig nahe an 100 Proz. gebracht werden, z. B. bis zu 95 Proz. Gleichzeitig steigt bei diesem Vorgange die Temperatur der in h herabrieselnden Flüssigkeit fortschreitend. Im unteren Teile von h angekommen, tritt der nun ziemlich reine flüssige Sauerstoff durch den Hahn m in die Kammer e ein, wo er verdampft und von wo er durch Rohr n als gasförmiger Sauerstoff nach außen abgeführt wird.



Einrichtung zur Kondensierung der Abgase von Dampf-Kohlensäuremaschinen. Wasser-Feuer-Gesellschaft m. b. H. in Bremen. D. R.-P. Nr. 170667. Eine Dampf-Kohlensäuremaschine zeigt beifolgende Skizze. Die Arbeitsweise der Einrichtung ist folgende: Aus dem Sauerstoffsammler e, in dem sich Sauerstoff unter Druck befinden soll, strömt der Sauerstoff durch Rohr p nach dem Brenner u im Innern des Dampferzeugers c. Durch Rohr q wird Brennstoff unter gleichem oder nicht wesentlich höherem Druck zugeführt, und durch Verbrennung desselben in Gegenwart von Wasser und Sauerstoff entsteht ein Dampf-Kohlensäuregemisch unter hohem Druck. Das Gemisch strömt durch Rohr r nach dem Zylinder der Dampfmaschine a und treibt diese an. Da fast ganz reiner Sauerstoff zum Verbrennen benutzt wird, den man durch Verdampfung flüssiger Luft mittels Abkühlung gewinnt, so bildet sich bei der Verbrennung aus diesem Kohlensäure mit nur geringer Beimengung von Stickstoff. Die Erfindung besteht darin, daß das den Dampfzylinder verlassende Gemisch im Kondensator f von Wasser befreit und alsdann mit der zu verflüssigenden Luft dem Abkühlungsprozeß unterzogen wird. Aus dem Kondensator wird die gasförmige Kohlensäure durch die Vakuumpumpe g durch Rohr h nach dem Saugrohr i der Luftpreßpumpe b geleitet. Letztere saugt durch Rohr i Luft aus der Atmosphäre und schiebt diese mit der Kohlensäure aus Zylinder a durch Rohr k und die Rohrschlange k, k'' nach dem obersten Raum einer bekannten Luftverflüssigungsvorrichtung d. Während ihres Durchganges durch die Rohrschlangen geben Luft und Kohlensäuregas ihre Wärme an die flüssige Luft ab, welche sich in den drei unteren Räumen der Vorrichtung d befindet. Währenddessen verdampft die flüssige Luft in derselben. Es ist nun bekannt, daß man bei der Verdampfung die drei Gasarten, aus denen sich die Luft zusammensetzt, nahezu trennen kann. Zuerst verdampft bei —195° der Stickstoff und bei —181° der Sauerstoff, während die Kohlensäure in fester Form ausscheidet. Man läßt nun durch die Ventile m den Stickstoff in die Atmospähre entweichen. Nachdem sich derselbe verflüchtigt hat, schließt man die Ventile m und öffnet die Ventile n. Es verdampft nun der Sauerstoff und

nimmt seinen Weg durch die Röhre o nach dem Sammler e und dem Dampferzeuger c. Nachdem sich beide Gase auf diese Weise verflüchtigt haben, entfernt man die zurückgebliebene Kohlensäure. Durch das Abführen der drei Substanzen aus einer Reihe von Behältern nicht gleichzeitig, sondern nacheinander erreicht man einen ununterbrochenen Prozeß der Sauerstoffgewinnung bzw. Kohlensäurekondensation. Durch das Rohr t füllt man die unteren Räume nach der Reihe, wie sie sich entleeren, wieder auf.



 Wissenschaftliche und technische Mitteilungen. 

Ein neues Kohlensäuresyndikat. Unter den Kohlensäureproduzenten sind neuerdings Bestrebungen im Gange, um einen Zusammenschluß anzubahnen. In der letzten Generalversammlung der Chemischen Fabrik Hönningen (vorm. W. Feld) teilte deren Verwaltung mit, daß die genannten Verhandlungen Erfolg versprächen.

Neues Anwendungsgebiet für flüssige Kohlensäure. Bekanntlich kommen in großen Kohlenlagern häufig Selbstentzündungen vor, die leicht zu gefährlichen Lagerbränden anwachsen können. Besonders gefürchtet ist die Selbstentzündung der Kohlen auf Dampfern. Die Ansichten über diese Erscheinung haben sich dahin vereinigt, daß man als deren Grund eine schon bei gewöhnlicher Temperatur eintretende Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf die Kohle anzunehmen hat. Dabei wird Wärme frei, die bei der geringen Wärmeleitungsfähigkeit der Kohle nur schwer abgeleitet wird. Auf diese Weise sammelt sie sich an; es tritt eine Temperaturerhöhung ein, die sich bis zur Entzündungstemperatur der Kohle steigern kann. Als neues Mittel, diese Kohlenbrände zu verhindern, hat nun der bekannte englische Gas-Chemiker Vivian Lewes flüssige Kohlensäure vorgeschlagen. Sie wird in kleinen Bomben angewandt, in deren Wandung ein Bolzen aus einer unter dem Siedepunkt des Wassers schmelzenden Metalllegierung an verschiedenen Stellen eingesetzt ist. Diese Bomben werden im Kohlenlager an verschiedenen Stellen verteilt. Tritt in der Nähe einer solchen Bombe eine größere Temperaturerhöhung auf, so schmilzt der Bolzen und die austretende Kohlensäure erstickt das Feuer im Keim.

Transport von Azetylen in Österreich. Unter Berücksichtigung verschiedener Wünsche aus

Interessentenkreisen hat das K. K. Eisenbahnministerium an alle Staats- und Privatbahnverwaltungen folgenden Erlaß gerichtet: Das nach dem System der „Compagnie française de l'Acétylène dissouts" in Aceton gelöste und in einem porösen Stoffe aufgesogene Azetylen ist mit sofortiger Gültigkeit versuchsweise unter nachstehenden Bedingungen zum Transport auf den österreichischen Eisenbahnen zugelassen: 1. Dieser Artikel muß in geschweißten oder gewalzten Behältern aus Stahl oder Schmiedeeisen von höchstens 2 m Länge und 24 cm äußerem Durchmesser aufgeliefert werden. Die Behälter müssen a) bei amtlicher, alle 3 Jahre zu wiederholender Prüfung einen Druck von mindestens 60 Atm. ausgehalten haben, b) einen amtlichen Vermerk über die Höhe des Probedruckes und den Tag der letzten Druckprobe tragen; c) mit Ventilen versehen sein, welche durch fest aufgeschraubte Kappen usw. zu schützen sind; d) mit einer das Rollen verhindernden Vorrichtung versehen sein; e) die Teile des Behälters, die mit dem Azetylen in Berührung kommen, dürfen nicht aus Metallen, die mit Azetylenen explosible Verbindungen eingehen, insbesondere nicht aus Kupfer hergestellt sein. 2. Der Druck in den Behältern darf bei einer Temperatur von 20° C. 12 Atm. nicht übersteigen. — Weiter wird noch verschiedenes bestimmt über die Ausrüstung jeder Sendung (Manometer) und die Beförderung (in gedeckt gebauten Wagen, nicht mit Personen führenden Zügen). — Der ungarische Handelsminister hat ähnliche Bestimmungen für den Bereich der ungarischen Eisenbahnen getroffen.



Zeitschriften- und Bücherschau.



Kälte-Industrie.

Doppel-Destillier- und Verdampf-Apparat. Beschreibung einiger Ausführungsformen von Destillationsapparaten der Firma Främbs & Freudenberg in Schweidnitz; mit 6 Abbildungen. Die auf dem Mehrfach-Verdampfungssystem beruhenden Apparate sind bis jetzt derartig ausgeführt, daß jeder einzelne Verdampfnngskörper in einem Apparat für sich untergebracht ist. — Die Firma Främbs & Freudenberg führt nunmehr eine Konstruktion aus, welche auf einem verhältnismäßig kleinen Raum einen doppelten Apparat, mit verhältnismäßig sehr großer Heizfläche, kleiner Abkühlungsoberfläche und sehr geringem Dampfverbrauch aufweist. Entgegen den Eindichtungsapparaten früherer Konstruktion gestattet die vorliegende Ausführung eine sehr leichte Reinigung der Heizfläche von Salz oder dergl., welches die Wärmeübertragung mehr und mehr abschwächt und endlich ganz aufhebt. Die Heizkörper sind auswechselbar und zwar ist die Auswechslung durch Kugellager so erleichtert, daß der Austausch der Heizkörper etwa nur 1 Stunde Betriebsunterbrechung in Anspruch nimmt. (Zeitschrift für chem. Apparatenkunde, 1. Okt. 1906.)

Rühr- und Mischapparate in Anlehnung an die technische Darstellung des Sulfonals. Von Dr. Fritz Krüger. 6 Abbildungen. Mit Fortsetzung. (Zeitschrift für chem. Apparatenkunde, 1. August, 1. Sept. 1906.

Kontinuierlich arbeitende Ammoniakdestillierapparate für Nebenproduktenkokereien. Von Ernst Henß, Nied. 4 Abbildungen. (Zeitschrift für chem. Apparatenkunde, 15. Sept. 1906.)

Kritik der vergleichenden Versuche an kleinen Kühlmaschinen auf der Londoner Molkerei-Ausstellung 1905. Von Georg Grüttke. (Zeitschrift f. d. ges. Kälte-Industrie, Heft 9, Sept. 1906.)

Apparat zur Erzeugung von Ammoniak. Ein Verfahren zur Erzeugung von Ammoniak von John A. Lyons und Edward C. Broadwell in Chicago. Eine Abbildung. U. S.-Patent Nr. 816 928. (Zeitschrift für chem. Apparatenkunde, 15. Okt. 1906.)

Prüfung von Milchkühlmaschinen auf der Londoner Molkerei-Ausstellung 1905. (Eis- und Kälte-Industrie, Heft 2, 20. Juli 1906.)

Elektrischer oder Dampfbetrieb für Schlachthofkühlanlagen? Von Rich. Stetefeld in Pankow-Berlin. (Zeitschrift f. d. ges. Kälte-Industrie, Heft 8, August 1906.)

Technische Methoden zur Verarbeitung des atmosphärischen Stickstoffs. (Zeitschrift f. d. ges. Kälte-Industrie, Heft 8, August 1906.)

Anwendbarkeit von Salzsole für tiefe Temperaturen. Von Constanz Schmitz in Berlin. (Eis- und Kälte-Industrie, Nr. 8, Okt. 1906.)

Der Einfluß des schädlichen Raumes bei Ammoniak-Kompressoren. Von Max Röber in Pankow. Mit Fortsetzung. (Eis- und Kälte-Industrie, Nr. 6, Sept. 1906; Nr. 7, Okt. 1906.

Pumpen und Gebläse.

Intercoolers for air compressors. Von Haight. (Am. Mach., 15. Sept. 1906, S. 271/72.) Mitteilungen und Erörterungen über die Ergebnisse der an einem Rand-Kompressor bei verschiedenen Leistungen vorgenommenen Temperaturmessungen.

Elektrische Pumpwerke der Vereinigten Staaten. Von Eichel. (El. Bahnen u. Betr., 24. Aug. 1906, S. 452/55.) Pumpwerk der Schenectady-Wasserwerke mit 2 stehenden zweistufigen Kreiselpumpen für zusammen 9000 cbm tägliche Leistung gegen 7,7 Atm. Druck, angetrieben mit

800 Uml./min. von je einem 800pferdigen Kurzschlußanker-Drehstrommotor. Abwasserpumpstation der Stadt New-Orleans mit einer liegenden Kreiselpumpe für 1,7 cbm./sk. bei 3,65 m Förderhöhe, angetrieben durch einen 110pferdigen Synchronmotor, und mit 2 Kreiselpumpen für 7.9 cbm/sk. bei 2,4 m Förderhöhe, angetrieben durch je einen 300pferdigen Drehstrom-Synchronmotor für 3000 V. und 83,5 Uml./min.

Centrifugal fans. Von Bowie jr. (Trans. Am. Soc. Mech. Eng., 1905, S. 217|31.) Erläuterungen über die Verluste in Kreiselgebläsen. Bericht über Versuche, über Richtung, Geschwindigkeit und Ausbreitung des Luftstromes. Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen in bezug auf einige Konstruktionseinzelheiten. Meinungsaustausch.

Ventile raschlaufender Pumpen (System Gutermuth). Von Sturm. (El. u. Maschinenb., Wien, 7. Okt. 1906, S. 795/98.) Allgemeines über raschlaufende Pumpen für elektrischen Antrieb. Konstruktion und Betriebseigenschaften der Gutermuthschen Ventil-Federklappe. Versuche mit den Klappen und Angaben über die von der Prager Maschinenbau-A.-G. vorm. Ruston & Ko, gebauten Pumpen.

Pumpen für Gase, Erdöle und chem. Produkte. Von Hageman. (Glaser, 1. Sept. 1906, S. 91/94.) Bei der vom Verfasser gebauten Pumpe werden die Ventile nebst Sitzen in Kolbenschieber eingebaut und besonders gesteuert. Konstruktionszeichnung einer dreizylindrigen Pumpe dieser Bauart.

Über Leistungsregulierung von Turbinenpumpen. Von Hammer. (Zeitschrift für Turbinenwesen, 30. Aug. 1906, S. 348/49.) Der Verfasser führt aus, daß eine Turbinenpumpe mit sinkender Gesamtwiderstandshöhe bei gleichbleibender Umlaufszahl stets eine Mehrleistung liefert, die nur dadurch beseitigt werden kann, daß die Widerstandshöhe künstlich wieder auf den ursprünglichen Betrag erhöht wird. Letzteres ist mit beträchtlichem Kraftverlust verbunden.

Wärmekraftmaschinen.

Mitteilung über Dampfturbinen. Von A. Rateau. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 15. Sept. 1906, S. 1505; 22. Sept. 1906. S. 1541.)

Die Verwendung von Großgasmaschinen in deutschen Hütten- und Zechenbetrieben. Von Reinhardt. (Forts.) (Stahl u. Eisen, 15. Aug. 1906, S. 871/85 u. 1. Sept., S. 1040/54, mit 7 Tafeln.) Neuere Konstruktion von Großgasmaschinen in Deutschland. Zylinder, Auspuffventilgehäuse, Steuerungen, Regelung und Gemengebildung, Stopfbüchsen, Kolben und Kolbenstangen, Zündung und Anlassen, Darstellung ausgeführter Maschinen von der Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg, der Gasmotorenfabrik Deutz, Ehrhardt & Lehmer, der Märkischen Maschinenbau-Anstalt, der Elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft, Friedr. Krupp und anderen Firmen. (Schluß folgt.)

Der Wirkungsgrad der Dampfmaschinen. Von Krauß. (Forts.) (Z. Dampfk. Vers.-Ges., Aug. 1906, S. 113/14.) Abkühlungsverluste. (Forts. folgt.)

Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse des Dampfes in Freistrahl-Grenzturbinen. Von Recke. (Forts.) (Zeitschrift f. Turbinenw., 30. Aug. 1906, S. 350|52.) Entwurf der Kreistrahl-Grenzturbine unter Benutzung der gefundenen Ergebnisse. (Forts. folgt.)

Theorie und Berechnung der Schraubenventilatoren. Von Prof. Dr. H. Lorenz. (Zeitschrift f. d. ges. Turbinenwesen, 1906, Heft 22.)



Gas-Industrie.

Über den Einfluß von wasserstoffhaltigem Sauerstoff bei der Heizwertbestimmung. Von Graefe. (Zeitschrift f. Gasbel. XLIX, Nr. 31, S. 667.)

Kohlensäurewäscher. (Zeitschrift f. ges. Kohlens.-Ind. XII, Nr. 15, S. 465.) Der Wäscher bietet bei geringer Tauchung des Gaszuführungsrohres für die Kalkmilch und die Kohlensäure einen langen Weg, so daß eine gute Waschung erzielt wird. Beschreibung der Konstruktion des von Herrn Chur in Delbrück patentierten Apparates.

Technische Methoden zur Verarbeitung des atmosphärischen Stickstoffes. Von Muthmann. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band 50, Nr. 30, S. 1169.) Darstellung der technischen Methoden, den atmosphärischen Stickstoff zu gewinnen und gleichzeitig in Salpeter und stickstoffhaltige Düngemittel überzuführen.



Physik und Chemie.

Die Darstellung von Stickstoff-Sauerstoffverbindungen aus atmosphärischer Luft und auf elektrischem Weg. Von Kausch. (Elektrochem. Zeitschrift XIII, Nr. 5, S. 93.)

Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung von verflüssigtem Sauerstoff und verflüssigtem Stickstoff. Von L. Grumnach. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch., Berlin, 1906, S. 679/86.)

Über den Temperatureinfluß auf die Entwicklungsgeschwindigkeit der Organismen. (Zeitschrift für Elektrochemie 11, 1905, S. 820/22.)



Pressluft-Industrie.

Untersuchungen an Drucklufthämmern. Von P. Möller. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band 50, 21. Juli 1906.)

Nasse und trockene Kompressoren. Von J. Walter Pearse. (Compr. Air, März 1906.)

Luftbedarf von Gesteinsbohrern. Von F. M. Hitchcock. (Mines and Minerals.) Verfasser stellt 2 Tabellen auf. Aus der ersten kann der Luftverbrauch von 1 bis 50 Bohrern verschiedener Größe, welche in Seehöhe und mit 80 Pfund pro Quadratzoll (14.7 Pfund pro Quadratzoll = 1 kg/qcm) arbeiten, abgelesen werden. Die 2. Tabelle gibt Korrektionsfaktoren für verschiedene Höhen und verschiedene Arbeitsdrücke.

Hydraulische Preßluft in Connecticut. Vortrag, gehalten von J. Herbert Shedd in einer Versammlung der „New England Water Works Association". (Compr. Air, April 1906.)

Die Schlagkraft der Preßlufthämmer und -bohrer. Von C. Charles Maison. (Compr. Air, April 1906.)

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.



Druck von F. Roltsch in Weimar.

Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.
Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete
herausgegeben von
Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler,** Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 4. **Januar 1907.** **X. Jahrgang.**

Die „**Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie**" erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar,** die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3 gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Über anorganische Lösungsmittel und ihre dissoziierenden Eigenschaften.

Von **Dr. Felix Jacobsohn**-Berlin.

(Eine Zusammenstellung der benutzten Literatur, auf die im Texte fortlaufend verwiesen ist, befindet sich am Schluß der Arbeit.)

(Schluß.)

Arsentribromid ist imstande, außer binären Salzen und einigen organischen Säuren, selbst Salze wie SnI_4 — wenn auch nur sehr schwach — elektrolytisch zu spalten und sublimiertes Eisenchlorid sogar recht erheblich. Die molekulare Gefrierpunktserniedrigung beträgt nach Walden für Arsentribromid 189, gegen 206 nach Tolloczkos Bestimmungen und 194,2 nach den Angaben von Garelli und Bassani. Manche anorganische Stoffe geben ganz abnorme Werte für das Molekulargewicht, was nur durch Polymerisation und Bildung fester Lösungen erklärlich ist.

Ein wirklich gutes Ionisationsmittel ist Antimontrichlorid. Dabei zeigt es eine beträchtliche Eigenleitfähigkeit — $\lambda = 0.109.10^{-6}$ bei 80° —, muß also nach Kohlrausch den geschmolzenen Salzen angereiht werden.

Ebenso besitzen Schwefelsäure und Chlorschwefelsäure bedeutende Lösungs- und Ionisationsfähigkeit für anorganische Salze. Binäre und quaternäre Salze bieten dem elektrischen Strom in Schwefelsäure einen weit geringeren Widerstand als in Wasser, derselbe nimmt indes mit steigender Verdünnung zu, weil infolge der eigenen großen Leitfähigheit der Säure — λ ca 0.01- Komplikationen eintreten. Chlorschwefelsäure wirkt auf die gelöste Substanz chemisch ein und ist in reinem Zustand gleichfalls ein Elektrolyt. Daraus geht im Vergleich mit Schwefeldioxyd — siehe weiter unten — hervor, daß die Eigenleitfähigkeit des SO_2 durch Einführung von Hydroxyl- und Halogengruppen gesteigert wird.

Beim Schwefelsäuredimethylester sind Lösungs- und Ionisationskraft schwächer als bei den genannten Säuren.

Flüssiges Schwefeldioxyd.

Eingehender und vor allem systematischer als die Untersuchungen der bisher besprochenen Verbindungen sind die von P. Walden[20]) und M. Centnerzwer[21]) über flüssiges Schwefeldioxyd. Von Vorarbeiten über Schwefeldioxyd als Lösungsmittel existiert nur die Veröffentlichung von Sestius,[34]) nach der Phosphor, Schwefel, Brom, Jod löslich, Chloroform, Alkohol und Benzol mischbar mit Schwefeldioxyd sind. Nach den Bestimmungen von de la Rive[36]) und Bleekerode[19]) ist die elektrische Leitfähigkeit von Schwefeldioxyd sehr klein bezw. gleich 0. Neuere Arbeiten von Bartoli[37]) und Linde[38]) jedoch bezeichnen Schwefeldioxyd als einen sehr guten Leiter. Diese Widersprüche erklären sich durch die verschiedene Reinheit des untersuchten Materials. Walden und Centnerszwer finden die spezifische Leitfähigkeit des flüssigen Schwefeldioxyds, das sorgfältig durch Schwefel-

säure, Phosphorpentoxyd und entwässertes Glaubersalz gereinigt ist, bei 0° gleich $0.9 \cdot 10^{-7}$ reciproke Ohm. Geringe Spuren von Schwefeltrioxyd oder Wasser erhöhen die Leitfähigkeit. Somit kann die Messung der Leitfähigkeit gleichzeitig zur Prüfung auf Reinheit dienen. Für die elektrolytische Dissoziation des reinen Lösungsmittel nehmen sie die folgende Gleichung an:

$$SO_2 = SO^{\cdot\cdot} + O'' = S^{\cdot\cdot\cdot\cdot} + O'' + O''.$$

Dieses vierwertige S-ion hat eine Analogie in dem Tellur; Tellurtetrachlorid ist nach Hampe ein sehr guter Elektrolyt. Weitere Gründe ergeben sich aus der unten folgenden Zusammenstellung von Wasser, Schwefeldioxyd und Ammoniak.

Das flüssige Schwefeldioxyd besitzt ein großes Lösungsvermögen für anorganische Salze wie für zahlreiche organische Verbindungen: z. B. Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Säuren, Ester, Basen und basische Verbindungen. Die Jodalkalien und die quaternären Jodammoniumbasen, die am leichtesten löslich sind, bilden gelbe Lösungen; die Alkalibromide und -rhodanide schwach gelbgrüne. Ternäre und quaternäre Salze sind viel schwerer, z. T. gar nicht löslich.

Die gelösten Salze zeigen eine erhebliche Leitfähigkeit, doch gestaltet sich diese viel mannigfaltiger als in Wasser. Einige Verbindungen leiten besser, andere dagegen schlechter als in Wässer. Während der Grenzwert der Leitfähigkeit in Wasser im allgemeinen bereits bei 1024 Liter Verdünnung erreicht ist[39]) tritt er in Schwefeldioxyd noch nicht bei 2048 Litern ein. Auch im Anwachsen der Leitfähigkeit mit steigender Verdünnung zeigen sich bei beiden Solventien große Unterschiede. Nach Ostwald,[40]) Kohlrausch[41]) und Bredig[42]) erhöht sie sich beim Wasser bei Konzentrationen zwischen 32 und 1024 Litern um rund 10 Einheiten für Salze einbasischer Säuren, bei Schwefeldioxyd ist diese Zunahme bedeutend größer. Die Chloride, Bromide und Jodide gleicher Basen besitzen — wie bei H_2O — annähernd gleiche Leitfähigkeit, doch leitet Jod besser als Brom, das seinerseits Chlor übertrifft. Die Rhodanide haben erheblich größeren Widerstand. Bei den Kationen scheint in Übereinstimmung mit wässrigen Lösungen die Leitfähigkeit mit steigendem Atomgewicht zuzunehmen, jedoch machen davon zusammengesetzte Radikale wie NH_4 eine Ausnahme, so erhält man also folgende Reihe: $Rb^{\cdot} > K^{\cdot} > NH_4^{\cdot} > Na^{\cdot}$. Von den organischen Ammoniumbasen haben die Isomeren ungleiche Widerstände, und zwar in dem Sinne, daß fast allgemein die höher substituierten besser leiten; besonders groß ist dieser Unterschied für die quaternären Verbindungen im Vergleich zu ternären -Analogie mit H_2O.[42]) Im Gegensatz zu Wasser leitet in Schwefeldioxyd die Äthylgruppe besser als der Methylrest.

Einige Verbindungen, die in Wasser gar nicht dissoziiert sind, sind in Schwefeldioxyd in Ionen gespalten, so z. B. das Chinolin, bei dem wohl vorherige Salzbildung mit den Lösungsmitteln anzunehmen ist:

$$\overset{III}{C_9H_7N} + \overset{IV}{SO_2} = \overset{V}{C_9H_7N} = \overset{VI}{SO_2}$$
$$C_9H_7N \quad SO_2 = C_9H_7N^{\cdot\cdot} + SO''_2.$$

Ebenso bilden Pyridin, α-Picolin usw. in Schwefeldioxyd Elektrolyte.[43]) Eine Lösung von $(C_6H_5)_3P$ zeigt in SO_2 eine Leitfähigkeit, $\lambda_{97,7} = 0{,}70$, bei Zusatz von Jodmethyl findet ein Ansteigen auf $\lambda_{97,7} = 10{,}24$ statt, woraus auf die Bildung von Triphenylmethylphosphoniumjodid geschlossen werden muß. Die Bildung solch komplexer Salze tritt auch bei anorganischen Körpern ein. Viele Substanzen, die in SO_2 unverändert bleiben, gehen auf Zusatz von Alkalijodid in Lösung, z. B. Cadmium- und Quecksilberjodid. Die Leitfähigkeit des entstandenen Alkalicadmiumjodids ist kleiner, die des Alkaliquecksilberjodids größer als die des reinen Alkalijodids. Der Widerstand von 1 Mol KI oder RbI wird durch Zusatz von 2 Mol I verringert. Ein weiterer Jodzusatz bringt diesbezüglich keine Änderung mehr hervor und wird auch nicht ganz aufgelöst. Es hat sich offenbar KI_3 bezw. RbI_3 gebildet, Verbindungen, die auch in wässrigen Lösungen bekannt sind.[44]) Jedoch leitet KI_3 in Wasser schlechter, in Schwefeldioxyd besser als KI.

Die Änderung und die einzelnen Unterschiede der Leitfähigkeit für die verschiedenen Elektrolyte in Schwefeldioxyd mit der Temperatur sind zu groß und mannigfach, als daß direkte Vergleiche angestellt werden können. Die Gründe für die Änderung der Leitfähigkeit sind:

1. Die Änderung der Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen,

2. Die Änderung der Anzahl der Ionen,
3. Die Änderung der Natur der Ionen.

Es ist nun ihrerseits die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen in umgekehrter Proportionalität abhängig vom Reibungswiderstand des Lösungsmittels auf die gelöste Substanz, oder nach Nernst: die elektrodynamische Abstoßung wächst mit kleiner werdender Dielektrizitätskonstante, die — wie es für Wasser der Fall ist — mit steigender Temperatur fällt; bei 4° DC = 82, bei 10° DC = 80, bei 31° DC = 74. Eine Zunahme der Wanderungsgeschwindigkeit kann ferner erfolgen durch Depolymerisation oder Zerfall in kleinere Bruchstücke. Es kann sich ja ein Salz mit n-facher Molekulargröße auflösen und erst bei höherer Temperatur zerfallen oder es kann durch Wärmezuführung eine etwaige Assoziation der Ionen mit dem Lösungsmittel zerstört werden. Eine Abnahme der Leitfähigkeit mit der Temperatur ist nur möglich durch Verringerung der Dissoziation oder Zunahme der Komplexität. Man hätte in diesem Falle also einen negativen Temperaturkoeffizienten. Von Jahn[45]) und Euler[46]) ist nun beobachtet worden, daß einbasische Säuren und solche mit größter Neutralisationswärme*) mit steigender Wärme in Dissoziation und Leitfähigkeit zurückgehen. Für Kupfersulfat findet Sack[47]) ein Ionisationsmaximum bei 96°.

Für flüssiges Schwefeldioxyd sind die Beziehungen zwischen Temperatur und Leitfähigkeit im allgemeinen folgende: die Temperatur des maximalen Leitvermögens liegt im allgemeinen um so höher, je größer die Leitfähigkeit ist, so zeigt $(C_2H_5)_4NI$ die weitgehendste Ionisation und den höchsten Temperaturkoeffizienten (Maximum der Leitfähigkeit + 7°), während sich für Wasser gerade die umgekehrten Verhältnisse ergeben. Der Temperaturkoeffizient nimmt mit der Temperatur ab, ist aber für jeden einzelnen Fall ganz verschieden und schwankt in der Nähe von 0° zwischen + 0.445 und -- 0,35, ist jedoch meistens negativ — im Gegensatz zu Wasser, für das er bei 18° allgemein 0,020—0,023 und positiv ist. Bei Konzentrationssteigerung nimmt er wie bei Wasser ab. Die meisten Neutralsalze müssen wohl bei der Dissoziation in Schweldioxyd Wärme entwickeln, also negative Ionisationswärme haben. Die Leitfähigkeit fällt vom Temperaturmaximum ab nahezu geradlinig und wird Null bei der kritischen Temperatur, beim Sinken der Temperatur tritt wiederum Leitfähigkeit ein; natürlich kommen für diese Versuche nur Verbindungen in Betracht, die ohne Zersetzung auf die kritische Temperatur des Schwefeldioxyd von 155,°4 erhitzt werden können. Zwar haben Franklin-Kraus[48]) für die Lösung von Schwefel und von Ammoniumbromid in flüssigem Ammoniak auch oberhalb der kritischen Temperatur — bei 139° bezw. 133° — noch Leitfähigkeit konstatiert, doch läßt sich vielleicht dieser Vorgang durch Schichtenbildung im Gase, also durch das Vorhandensein einer geringen Flüssigkeitsmenge — ein Analogon des Siedeverzugs — erklären. Demnach kann wohl allgemein gefolgert werden, daß die elektrolytische Dissoziation in Lösungen an den flüssigen Aggregatzustand geknüpft ist.

Die Molekulargewichtsbestimmungen ergeben für Nichtelektrolyte wie Toluol, Acetanilid, Naphtolin usw. in Schwefeldioxyd normale Werte. Für die meisten Elektrolyte genügen sie noch nicht einmal dem Sinne nach den theoretischen Forderungen, da der van t'Hoffsche Faktor $i = 1 + \alpha$ für binäre Elektrolyte kleiner als 1 ist, das beobachtete Molekulargewicht also größer ist als das normale. Für die wenigen Stoffe, bei denen $i > 1$ und die demnach einen qualitativen Anschluß an die Theorie zeigen, ergibt sich der Größe nach keine Übereinstimmung zwischen $i = \frac{M \text{ berechnet}}{M \text{ beobachtet}}$ (M = Molekulargewicht) und $i = 1 + \frac{\lambda v}{\lambda \infty}$*).

Diejenigen Salze, die eine höhere Leitfähigkeit zeigen, besitzen auch einen größeren i-Wert. Rubidium-, Kalium-, Ammonium-, Natriumjodid zeigen doppeltes Molekulargewicht. Zur Erklärung dieser — im Vergleich zu Wasser — abnormen Abweichungen können vielleicht folgende Überlegungen dienen. Das Molekulargewicht findet man experimentell nach der Walkerschen Formel:

*) Größer als 13700 Kalorien.

*) α ist der Dissoziationsgrad eines Elektrolyten bei bestimmter Verdünnung v und ist der Quotient aus der bei dieser Verdünnung gemessenen Leitfähigkeit λv des Elektrolyten und der Leitfähigkeit desselben bei unendlicher Verdünnung $\lambda \infty$.

$$M = \frac{\text{Konstante} \cdot \text{Substanzmenge} \cdot 100}{\text{Menge des Lösungsmittels} \cdot \text{Siedepunktserhöhung}}.$$

Die Konstante der Siedepunktserhöhung = S berechnet sich nach der van t'Hoff-Arrhenius-schen Gleichung:

$$S = 0.02 \frac{T^2}{W} = 15.0 \text{ für } SO_2,$$

da T, die absolute Siedetemperatur, = 273 − 10 = 263 und W, die latente Verdampfungswärme, = 92,09. Nach den Beobachtungen Bernhards[49]) über Benzil in Normalbuttersäure kann W mit Konzentration wie Natur des gelösten Stoffes bis 40 % schwanken; dadurch könnte eventuell auch $S < 15$ und daher M zu groß werden. Besser jedoch deutet die erwähnten Verhältnisse die Annahme von Polymerisation der gelösten Substanz — s. a. o. bei N_2O_4 und $AsBr_3$ und weiter unten bei NH_3 — und von Assoziation zwischen dem gelösten Elektrolyt, bezw. den Ionen und dem dissoziierenden Medium, worauf gewisse Farbenreaktionen, wie die Gelbfärbung der Iodide, und die große Wärmeentwicklung beim Lösen der Salze hinweisen.

Als Abschluß dieser Angaben über flüssiges Schwefeldioxyd seien noch einige Reaktionsgleichungen in diesem Lösungsmittel aus der ersten Waldenschen Arbeit[20]) wiedergegeben:

1. $KI + NH(CH_3)_3Cl = KCl + NH(CH_3)_3I.$
   lösl. lösl. unl. lösl.

2. $KI + (CH_3)_2CBrCOOH = (CH_3)_2CBrCOOK + HI.$
   unl.

Flüssiges Ammoniak.

In vollkommener Analogie mit den diesbezüglichen Beobachtungen mit dem Schwefeldioxyd lassen sich auch die widersprechenden Angaben über die Leitfähigkeit des flüssigen Ammoniaks auf die verschiedene Reinheit des angewandten Materials zurückführen. So muß offenbar von Bleekrode[19]) ein Natrium enthaltendes Ammoniak untersucht worden sein, da er gute Leitfähigkeit und Blaufärbung konstatiert hat. Cadys[50]) Messungen an dem gewöhnlichen Ammoniak aus den Bomben ergeben eine Leitfähigkeit von $71 \cdot 10^{-7}$ offenbar alte Quecksilbereinheiten. Goodwin und M. de Kay Tompson[51]) reinigen das technische Ammoniak mit frischgebranntem Kalk und finden bei -29,°5 $\lambda = 1{,}392 \cdot 10^{-4}$, bei -13°,0 $\lambda = 1{,}688 \cdot 10^{-4}$ -wahrscheinlich in cm^{-1} Ohm^{-1} gemessen. C. Frenzel[52]) erhält schon bei ganz primitiven Reinigungsversuchen eine Leitfähigkeit von $1{,}1 \cdot 10^{-5}$, also eine etwa 12mal kleinere als die von Goodwin-Tompson, stellt dabei aber zugleich fest, daß auch bei größter Sorgfalt aus dem Bombenammoniak Pyridinbasen nicht zu entfernen sind. Für seine endgültigen Bestimmungen entwickelt er deshalb aus Kalk und reinem Merckschen Chlorammonium Ammoniak und wendet zum Trocknen alle Vorsichtsmaßregeln an. Es resultieren folgende Werte: bei -79°3 $\lambda = 1.33 \cdot 10^{-7}$, bei -73°.6 $\lambda = 1{,}47 \cdot 10^{-7}$. Nach Kohlrausch und Heydweiller[53]) beträgt die Leitfähigkeit für reinstes Wasser bei 18° $0.88 \cdot 10^{-7}$; berücksichtigt man den oben angeführten Wert für Schwefeldioxyd, so nimmt Ammoniak unter den guten Dissoziationsmitteln seiner Leitfähigkeit nach die dritte Stelle ein. Weiterhin sind vorher als Dissoziationsprodukte für Schwefeldioxyd angegeben:

$$SO_2 = SO^{\cdot\cdot} + O'' = S^{\cdot\cdot\cdot\cdot} + O'' + O''.$$

Für Wasser nehmen Nernst[54]) und Glaser[55]) nach Küster an:

$$H_2O = H^{\cdot} + OH' = H^{\cdot} + H^{\cdot} + O''$$

und haben dafür auch zwei Zersetzungspunkte bei 1,07 und 1,67 Volt, entsprechend O'' und OH', bekommen. Demnach müßte die Ionisation bei Ammoniak stufenweise im folgenden Sinne erfolgen:

$$NH_3 \rightarrow NH_2' + H^{\cdot} \rightarrow NH'' + H^{\cdot} + H^{\cdot} \rightarrow N''' + H^{\cdot} + H^{\cdot} + H^{\cdot},$$

zumal es ja als schwache dreibasische Säure, jedenfalls nicht als Base aufzufassen ist, denn die Lösungen vieler Sauerstoff- wie Halogensäuren in flüssigem Ammoniak in Form ihrer Ammoniumsalze zeigen einige entschiedene Säureeigenschaften: [11])

1. Sie entfärben Ammoniaklösungen des Phenolphtaleins, die durch Zusatz einer geringen Menge Basis alkalisch gemacht sind.

2. Sie lösen Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium unter Entwickelung von Wasserstoff und Bildung der entsprechenden Metallsalze auf, nach der allgemeinen Gleichung:

$$M + NH_4X = MX + NH_3 + H.$$

3. Manche Metalloxyde und einige basische Salze, die an und für sich in Ammoniak unlöslich sind, werden von Lösungen der Ammoniumsalze aufgenommen (Divers)[17]) und zwar nach folgenden Gleichungen:



$NaOH + NH_4Cl = NaCl + H_2O + NH_3.$
$CaO + 2NH_4NO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O + 2NH_3.$

Frenzel hat nun im flüssigen Ammoniak die Zersetzungswerte: d. h. die charakteristischen Werte der elektromotorischen Kraft, die in einem Elektrolyten einen dauernden Polarisationsstrom und dauernde Zersetzung bewirken[56]) bestimmt und 3 anodische Zersetzungspunkte bei 0.48, 0.66 und 0.78 Volt gefunden. entsprechend NH', NH'', N'''. Die kathodische Zersetzungskurve zeigt bei 0,1 Volt einen ziemlich scharfen Knick, der das Vorhandensein von H-Ionen beweist. Verunreinigungen erhöhen die Leitfähigkeit des Ammoniaks, demnach auch Spuren von Wasser; merkwürdigerweise ist dieser Einfluß jedoch nicht sehr bedeutend, da es wohl hauptsächlich als H_2O gelöst wird und nur eine sehr geringe Dissoziation stattfindet. Ebenso erklärt sich auch im umgekehrten Falle, wenn NH_3 von Wasser aufgenommen wird, die schwach basische Wirkung durch einen weitgehenden Zerfall in ungespaltenes NH_3 und H_2O.

Den Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit findet Frenzel bei ganz reinem Ammoniak zwischen den Temperaturen -79°.3 und -39°,5 zu 1,9 %. Dieser Wert verringert sich aber mit abnehmendem Widerstand bis unter die Hälfte, so ist er nach Goodwin-Thompson[51]) bei $\lambda = 1{,}59 \cdot 10^{-4}$ und -20° nur 0,7%; das gleiche gilt auch für Wasser, bei dem der Temperaturkoeffizient von 5,8% bis 2,5 und 2% sinkt.

Das Lösungsvermögen des Ammoniaks für anorganische und organische Stoffe ist außerordentlich groß; die Einzelheiten sind aus der vollständigen Tabelle zu I. Bronn „Verflüssigtes Ammoniak als Lösungsmittel“, Berlin, Springer 1905. 218—240 zu ersehen. Hier seien nur einige Angaben von Franklin-Kraus[57]) erwähnt. Es lösen sich überhaupt nicht die Fluoride, Sulfate, schwefligsauren Salze, Karbonate, Phosphate, Oxalate, Arseniate, Sulfide — außer $(NH_4)_2S$ und As_2S_3 — die Oxyde und Hydroxyde — jedoch löslich bei Zusatz von Ammonsalzen s. o.[17]) —, meist schwer die Chloride, viel löslicher sind die Bromide, Nitrate, sehr leicht löslich im allgemeinen die Nitrite, Cyanide, cyan- und rhodansauren Salze und die Jodide.

Nach H. P. Cady[58] ist das Leitvermögen der Alkalihaloidsalze — die Chloride ausgenommen — — wie der Alkalinitrate, ebenso das von Silbernitrat, von Quecksilber- und Bleisalzen in flüssigem Ammoniak erheblich größer als in Wasser. Franklin-Kraus[59]) kommen zu denselben Resultaten und finden zugleich ein gutes Leitvermögen bei anderen Substanzen, die in Wasser garnicht ionisiert sind, wie z. B. o-Nitrophenol, Nitromethan, Benzolsulfamid, Benzaldehyd usw. Sie nehmen vorherige Salzbildung im folgenden Sinne an:

$$CH_3NO_2 + NH_3 = CH_2 : N \genfrac{}{}{0pt}{}{\nearrow O}{\searrow ONH_4}.$$

$$C_6H_5SO_2NH_2 + NH_3 = C_6H_5 \cdot S \genfrac{}{}{0pt}{}{\nearrow O}{\searrow} \frac{}{NH} ONH_4.$$

Das Anwachsen mit der Verdünnung ist außerordentlich stark, weit größer als bei Wasser, so daß die Grenze der maximalen molekularen Leitfähigkeit erst bei ca. 25000 l und darüber erreicht wird. Es tritt also augenscheinlich nur eine sehr geringe Dissoziation ein, wie es nach Nernst-Thompson bei der verhältnismäßig kleinen Dielektrizitätskonstante auch nicht anders zu erwarten ist, beträgt die DC_{NH_3} nach Goodwin-Thompson[51 60]) bei —34° doch nur 22. Wie erklärt sich nun diese Anomalie beim flüssigen Ammoniak im Vergleich zu Wasser? Man kann ja freilich die Dielektrizitätskonstanten beider Flüssigkeiten nur vergleichen, wenn sie unter vollkommen entsprechenden Verhältnissen bestimmt sind. Die DC des Wassers ist aber auch bei einer Temperatur, bei der es sich in demselben Zustande wie Ammoniak bei -34° befände, nach Goodwin-Thompsons Berechnungen noch 52.2. Franklin-Kraus begründen nun die hohe Leitfähigkeit durch eine große Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen, welche wiederum durch die geringe Viskosität des Lösungsmittels bedingt ist. Der Reibungskoeffizient berechnet sich jedoch der Poiseuilleschen Formel zufolge: $\mu = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{p \cdot R}{l \cdot V} t$*) nach O. E. Meyer für Wasser von 15° gleich 0,0115, während nach neueren Bestimmungen für flüssiges Ammoniak bei 14°.5 $\mu = 0{,}1486$ ist, also größer als für Wasser. Franklin und Cady[61]) haben die absoluten Ionengeschwindigkeiten in cm/sec für einen Potentialabfall von 1 Volt

*) V ist das in der Zeit t ausfließende Flüssigkeitsvolumen, p die Druckdifferenzen an den Enden des Rohres, dessen Länge und Halbmesser l bezw. R sind.

pro Zentimeter in flüssigem Ammoniak gemessen. Folgende Zusammenstellung dieser Werte mit den von Kohlrausch für Wasser berechneten

Wanderungsgeschwindigkeit in:

Ion	Ammoniak	Wasser
$NH_4^{\cdot}$	0,00133 cm	0,000665 cm
$K^{\cdot}$	0,00167 „	0,000676 „
$Na^{\cdot}$	0,00132 „	0,000460 „
$Ag^{\cdot}$	0,00108 „	0,000577 „
NO_3'	0,00166 „	0,000630 „
Br'	0,00168 „	— — — „

ergibt zwar für diese einwertigen Ionen eine ca. 2—3fach größere Geschwindigkeit in Ammoniak als in Wasser. Am besten und ungezwungensten begründet sich jedoch wohl die hohe Leitfähigkeit und das große Anwachsen derselben durch Assoziation der gelösten Substanz mit dem Lösungsmittel in starken Konzentrationen und allmählichem Zerfall dieser neugebildeten Verbindungen bei zunehmender Verdünnung — s. a. o. bei SO_2 —. Dafür sprechen vor allem die Resultate von Franklin und Kraus[62]) über die molekulare Siedepunktserhöhung in flüssigem Ammoniak. Sie finden nämlich für diese Konstante im Durchschnitt 3.4, bei zunehmender Konzentration indessen oft ein Ansteigen bis 5.94. Nach der Walkerschen Formel rechtfertigt sich daher die Annahme von Assoziationen. Folgende kleine Tabelle erhellt das noch ganz besonders:

Gramm KI in 100 g NH_3	Temperatur-erhöhung	Konstante berechnet für KI	KI·7 NH_3
11,01	0,248	3,78	3,49
17,79	0,441	4,17	3,64
33,77	1,129	5,02	3 67
56,43	1,994	5.94	3,56

Mit der Temperatur steigt nach Franklin-Kraus[63]) das Leitvermögen der Salze in flüssigem Ammoniak, es erreicht aber im Durchschnitt sein Maximum bei ca. 15°, um dann beständig zu fallen — über die Leitfähigkeit bei der kritischen Temperatur siehe Seite 55. —

Trotz mancher soeben dargelegten Gegensätze in Bezug auf Lösungs- und Ionisationsvermögen und trotz vielfacher Unterschiede, die sich noch im folgenden herausstellen werden, ist das Ammoniak doch die einzige — bis jetzt bekannte — Flüssigkeit, die gerade in sehr wichtigen Eigenschaften eine durchgehende Analogie zum Wasser bietet. Andrerseits darf darüber nicht vergessen werden, daß in rein chemischer Hinsicht sich Wasser und Ammoniak in einem Hauptpunkte vollkommen unähnlich sind, daß nämlich Wasser eine gesättigte, Ammoniak dagegen eine ungesättigte Verbindung ist, dessen dreiwertiger Stickstoff große Neigung hat in den gesättigten, das heißt fünfwertigen Zustand überzugehen unter wesentlicher Änderung seiner Eigenschaften. Diese Gegensätzlichkeit der beiden Solventien hat denn auch Brühl[61]) veranlaßt — zumal auf Grund seiner Beobachtung über die Molekularrefraktion — die Tetravalenz des Sauerstoffs anzunehmen und somit Wasser gleichfalls für eine ungesättigte Verbindung zu erklären, wodurch er wiederum das große Assoziations- wie Additionsvermögen des Wassers begründet.

Das Ammoniak kann sich ebenfalls in gasförmigem wie flüssigem Zustand an viele Verbindungen anlagern. Es ist gewöhnlich — wie das Wasser als Kristallwasser — als Kristallammoniak gebunden. Diese Fähigkeit zeigt es sowohl Halogenen der Metalloide gegenüber in Körpern wie z. B.:

$SiBr_4 \cdot 7NH_3$; $2BoCl_3 \cdot 9NH_3$; $Si_2Cl_6 \cdot 10NH_3$;[65]) $BJ_3 \cdot 5NH_3$; $BJ_3 \cdot 15NH_3$ — bei 0° flüssig —;[66]) $PCl_3 \cdot 5NH_3$;[67]) $PCl_5 \cdot 8NH_3$; $PBr_5 \cdot 9NH_3$;[67]) wie auch Metallsalzen gegenüber wie z. B.:

$LiCl \cdot 3NH_3$(18°); $LiBr \cdot 4NH_3$;[68]) $NaCl \cdot 5NH_3$; $CaCl_2 \cdot 8NH_3$; $BaCl^2 \cdot 8NH_3$; $BaBr_2 \cdot 8NH_3$;[69]) $AgBr \cdot 3NH_3$; $AgJ \cdot NH_3$; $AgCy \cdot NH_3$; $AgNO_3 \cdot 3NH_3$;[70]) $CuCl_2 \cdot 6NH_3$;[71]) $AlCl_3 \cdot 6NH_3$;[72]) $CrCl_3 \cdot 5NH_3$;[73]) $FeCl_2 \cdot 5-6NH_3$.[74])

All diese Verbindungen sind nur unter bestimmten Verhältnissen beständig, sie können sich bei tiefen Temperaturen noch mehr mit Ammoniak anreichern und geben bei höheren Ammoniak ab, bei starkgesteigerter Wärmezuführung zersetzen sich die Halogene der Metalloide sogar unter Entwickelung von Halogenammoniumsalzen und gehen in Amide, Imide und Nitride über. Die Neigung, sich mit Ammoniak zu verbinden, kann bei manchen Substanzen so groß werden, daß sie — ein Analogon der hygroskopischen Verbindungen — in ihrem Kristallammoniak schmelzen und Flüssigkeiten bilden. Das bekannteste Beispiel dafür ist die Diversche Flüssigkeit.

In die Reihe dieser Additionsprodukte des

Ammoniaks gehören auch die Metallammoniumverbindungen, von denen bis jetzt bekannt sind: $(Na \cdot NH_3)_2$; $(K \cdot NH_3)_2$;[15] $RbNH_3$; $CsNH_3$; $Li(NH_3)_3$;[75] $Ba \cdot 6NH_3$;[76] $Sr \cdot 6NH_3$.[77] Sie entstehen durch die Einwirkung flüssigen Ammoniaks auf die Metalle und sind rote bis tiefbraun metallglänzende Körper, die sich mit tiefblauer Farbe in überschüssigem flüssigen Ammoniak lösen — die Alkalimetalle leicht, die Erdalkalien und Lithium schwer. Diese Lösungen leiten den elektrischen Strom sehr gut und ohne Zersetzung. Daraus jedoch auf metallische Leitung zu schließen, ist vollkommen unrichtig. Dagegen spricht auch nach Nernst[78] die elektromagnetische Lichttheorie, nach der metallisch leitende Substanzen gegen elektrische Strahlungen, daher auch gegen Licht undurchlässig, d. h. undurchsichtig sein müssen; außerdem ist auch kein einziges Metall bekannt, das in einem nicht metallischen Lösungsmittel ohne offenbare chemische Einwirkung gelöst wird und aus dem das reine Metall durch einfache Kristallisation zurückgewonnen werden kann; ebensowenig sind aus einer metallischen und einer nicht metallischen Substanz gebildete isomorphe Gemische bekannt.[82] Es findet also elektrolytische Leitung statt; das ausgeschiedene Metall löst sich immer wieder in Ammoniak auf, das andere Ion ist NH_3 — demnach wird keine Zersetzung sichtbar.

Joannis[79] erhält durch Einwirkung von Quecksilber auf die Natriumammoniumlösung ein Amalgam Hg_4Na, auf die Kaliumverbindung Hg_9K; Blei ergibt die Verbindungen $Pb_2Na \cdot 2NH_3$ und $PbNa_2$ — je nach den Mengenverhältnissen der beiden Reagentien — und PbK;[80] Wismuth und Antimon liefern $BiNa_3$ bezw. $SbNa_3$.[80] Die zahlreichen Produkte, die durch die Einwirkung von Gasen auf die Natrium- und Kaliumammoniumlösungen in Ammoniak erhalten worden sind, sollen hier übergangen werden.[81]

Außerordentlich wichtig dagegen ist, daß die Metallammoniumverbindungen von selbst unter Wasserstoffabgabe in die Amidverbindungen übergehen. Diese Zersetzung geht unter gewöhnlichen Verhältnissen sehr langsam vor sich, sie dauert beim Kaliumammonium einige Tage, beim Natriumammonium sogar Wochen und Monate. Sie kann jedoch durch katalytische Wirkung einiger Substanzen sehr beschleunigt werden, so verwandelt sich Natriumammonium schon in 2—3 Tagen in Natriumamid durch Zusatz von Chlornatrium, es bildet sich vermutlich die leicht zersetzliche Verbindung NH_3NaCl;[83] noch besser wirken nach Franklin[11] in dieser Hinsicht Platinschwamm und Eisenoxyd. So gelingt es nach eigenen Versuchen des Verfassers[92] $1^1/_2$ g Kalium, das in ca. 18 ccm flüssigem Ammoniak gelöst ist, unter Zusatz von Platinschwamm als Katalysator in 25—30 Minuten in Kaliumamid zu verwandeln.

Infolge der Löslichkeitsunterschiede einiger Salze in Wasser und Ammoniak erfolgen in diesem Lösungsmittel manche Umsetzungen, die in dem erstgenannten nicht stattfinden. Es treten oft Fällungen ein, wenn man die Lösungen der Nitrate verschiedener Metalle mit denjenigen von Ammoniumsulfid, -chlorid, -bromid, -jodid, -chromat oder -borat zusammenbringt. Besonders interessant ist, daß durch Ammoniumsulfid -- im Gegensatz zu wässrigen Lösungen — aus den Lösungen von Barium-, Strontium-, Calcium- und Magnesiumsalzen die entsprechenden Sulfide als weiße Pulver niedergeschlagen werden[83] und durch Natriumchlorid aus Calciumnitratlösung das unlösliche Calciumchlorid. Erstere Reaktion kann vielleicht bei genügender Verbilligung des käuflichen Ammoniaks zur technischen Gewinnung der betreffenden Sulfide führen.

Von Synthesen in flüssigem Ammoniak ist zu erwähnen die Darstellung von Metallsalzen durch Einwirkung der entsprechenden Ammoniumsalze auf die Metalloxyde: Joannis[84] erhält so nach der Gleichung:

$$2XNH_4 + Cu_2O = X_2Cu_2 + 2NH_3 + H_2O$$

Cuproformiat $(HCO_2)_2\ Cu_2 \cdot 4\,NH_3 \cdot {}^1/_2 H_2O$ und Cuprobenzoat $(C_6H_5CO_2)_2\ Cu_2 \cdot 5NH_3$. E. Chablay gibt in allerletzter Zeit[85] eine allgemeine Methode zur Bildung von Alkoholaten, indem man Metallammoniumverbindungen auf die ammoniakalischen Lösungen der Alkohole einwirken läßt.

Die Oxyde und Hydroxyde der einzelnen Elemente und Radikale können als Derivate des Wassers angesehen werden. Sie haben je nach dem elektropositiven oder elektronegativen Charakter der Atome und Atomkomplexe ba-

sische oder saure Eigenschaften. Die Salze entstehen durch Vereinigung von Basen und Säuren, sie können neutral, sauer oder basisch sein.

Hierfür bietet sich in flüssigem Ammoniak eine vollkommene Analogie.

Um den Unterschied und das Verhältnis der Verbindungen zum Wasser und zum Ammoniak auch schon äußerlich kenntlich zu machen, schlägt Franklin in seiner jüngsten Arbeit[11]) folgende Nomenklatur vor: die Oxysäuren und -Basen und ihre -Salze sollen Hydro-Säuren, -Basen und -Salze genannt werden, die entsprechenden Derivate des Ammoniaks: Ammon-Säuren, -Basen und -Salze. Essigsäure und Salpetersäure sind also Hydrosäuren, Calciumoxyd und Kaliumhydroxyd, Hydrobasen, Natriumsulfat und Kaliumacetat Hydrosalze. Säureamide und -imide wie auch die Amide, Imide und Nitride der elektronegativen Elemente sind Ammonsäuren wie z. B. CH_3CONH_2, $(CH_3CO)_2NH$; $As(NH_2)_3$, $Si(NH)_2$, Te_3N_4; die der elektropositiven: Ammonbasen, wie z. B. KNH_2, $PbNH$, BiN.

Die erwähnten Ammoniakderivate der nicht metallischen Elemente entstehen durch Zersetzung ihrer Halogen- und Schwefelverbindungen durch Ammoniak nach den Gleichungen:

1. $AsCl_3 + 6NH_3 = As(NH_2)_3 + 3ClNH_4$[86])
2. $SiS_2 + 4NH_3 = Si(NH)_2 + 2NH_4SH$[87])
3. $3TeCl_4 + 16NH_3 = Te_3N_4 + 12NH_4Cl$[88])

Ganz in Übereinstimmung mit der hydrolytischen Spaltung der Metalloidhalogene in Wasser, kennzeichnet Franklin diese Reaktion als „ammonolytische". Wie in Wasser manche hydrolytischen Vorgänge sind auch ammonolytische Reaktionen oft umkehrbar, so z. B.

$$HgCl_2 + 2NH_3 \rightleftarrows \underset{\text{fest}}{NH_2HgCl} + NH_4Cl.$$

Die Menge des ammonbasischen Salzes NH_2HgCl wird durch Zuzatz einer Ammonbase vermehrt, durch Zusatz eines Ammonium-, Hydro- oder Halogensalzes oder einer Ammonsäure vermindert bezw. zum Verschwinden gebracht, entsprechend gewöhnlichen hydrolytischen Vorgängen.

Saure oder neutrale Ammonsalze bilden sich nach den Gleichungen:

$$CH_3CONH_2 + KNH_2 = CH_3CONHK + NH_3$$
$$CH_3CONH_2 + 2KNH_2 = CH_3CONK_2 + 2NH_3$$
$$CO(NH_2)_2 + KNH_2 = CONH_2 \cdot NHK + NH_3$$
$$CO(NH_2)_2 + 2KNH_2 = CO(NHK)_2 + 2NH_3$$

Die löslichen von diesen Salzen müßten analog den Hydrosalzen gute Leiter der Elektrizität sein. Franklin-Kraus[89]) haben das beim Succinimidquecksilber, der einzigen daraufhin untersuchten Verbindung, bestätigt gefunden.

Wie sich einzelne Metalloxyde und Hydroxyde ihrer schwach basischen Natur wegen in wässriger Kalilauge lösen, so lösen sich auch die Amide, Imide und Nitride einiger Metalle z. B. von Silber, Kupfer, Blei, Wismut, Aluminium in überschüssigem Kaliumamid.

Für die Merkuriammoniumverbindungen schlägt Franklin eine besondere Nomenklatur vor. Er findet die Ammoniumtheorie A. W. Hoffmanns und Rammelsbergs[90]) zur Erklärung dieser Körper nicht ausreichend und kehrt — modernen Forderungen zugleich Rechnung tragend, zur Amidtheorie von Kane[91]) zurück. Es ergibt sich demgemäß folgende Einteilung:

1. Ammonbasische Salze: z. B. der unschmelzbare weiße Präzipitat NH_2-Hg-Cl.
2. Merkurisalze mit Kristallammoniak: wie der schmelzbare weiße Präzipitat $HgCl_2 \cdot 2NH_3$.
3. Gemischte Hydro- und Ammonbasische Verbindungen: Millons Base $2HgO \cdot NH_3 \cdot H_2O$; Nesslers Niederschlag NH_2-Hg-O-Hg-J.

Zusammenfassung: Aus den obenstehend gemachten Angaben über anorganische Lösungsmittel und ihre dissoziierenden Eigenschaften ergibt sich, daß bis jetzt eindeutige Gründe für das Ionisationsvermögen eines Solvens nicht ermittelt worden sind. Es besteht kein direkter Parallelismus zwischen der Größe der Dielektrizitätskonstante, der Verdampfungswärme, des Assoziationsgrades, dem Sättigungszustand wie den Siedepunkten bezw. kritischen Daten verschiedener Lösungsmittel einerseits und ihrer Ionisierungstendenz andrerseits. Es ist bereits auf S. 39 darauf hingewiesen, daß die DC nicht der allein maßgebende Faktor für die Dissoziationsfähigkeit eines Lösungsmittels ist, und S. 42 ist gezeigt worden, daß die von Brühl aufgestellte Beziehung zwischen Sättigungsgrad und ionisierenden Eigenschaften nicht allgemein zutreffend ist. Aus der beigefügten Tabelle ist zu ersehen, daß der ausgezeichnete Ionisator SO_2 eine Verdampfungswärme von nur 96.2 Kalorien, das garnicht dissoziierende

Nr.	Substanz	Formel	ögen gan. Verbindungen	Jonisierung	Bemerkungen
I. Gut jonisierende anorg. Lö					
1.	Wasser	H_2O	t vorausgesetzt.	Für alle starken Basen und Säuren u. ihre Salze sehr gut.	Kahlenberg: Grenze der Leitfähigkeit bei 1024 l im allgemeinen erreicht. Bredig: Anwachsen der Leitfähigkeit von 32 bis 1024 l um rund 10 Einheiten.
2.	Blausäure	CNH	idin. Ammoniumbasen. ssigsäure und ihre Substitutionsprodukte. Amlamin. Strychnin. Morhin.	Leitfähigkeit der K-Salze und des NH_4Cl 2—3 mal besser als in H_2O. Die andern schlechter.	zum Teil Reaktion mit der gelösten Substanz: z. B. H_2SO_4, HCl. Strychnin etc. Schon in starker Konzentration weitgehende Dissociation.
3.	Ammoniak	NH_3	weitem größer als bei I_2O.	sehr gut — aber sehr mannigfach. S. Text.	Grenze der Leitfähigkeit bei ca. 25000 l Verdünnung. Großes Anwachsen der Leitfähigkeit mit der Verdünnung.
4.	Fluorwasserstoff	HFl	$CONH_2$. $NH_2)_2$.	in hohem Grade vorhanden.	—
5.	Salpetersäure	HNO_3	—	—	—
6.	Schwefeldioxyd	SO_2	lenwasserstoffe. Alohole. Säuren. Ester. asen. Basische Verindungen.	Binäre Salze: $J' > Br' > Cl' > CNS'$. $Rb > K > NH_4 > Na$. org. NH_4 Basen: prim. $<$ sec. $<$ tern. $<$ quaternär.	Grenze der Leitfähigkeit noch nicht bei 2048 l Verdünnung. Anwachsen der Leitfähigkeit mit der Verdünnung weit größer als in H_2O.
7.	Schwefelsäure	H_2SO_4	ts erwähnt.	für bin. u. quat. Salze größer als in H_2O.	Chemische Einwirkung auf die gelöste Substanz.
8.	Chlorschwefelsäure	$SO_2 <^{OH}_{Cl}$	O_4	geringer als bei H_2SO_4.	wie vorher.
9.	Schwefelsäure-dimethylester	$SO_2(OCH_3$	her.	etwas kleiner.	wie vorher.
10.	Thionylchlorid	$SOCl_2$	ternäre Ammoniumasen. $(C_2H_5)_4NJ$ gelbraun.	für binäre Salze recht gut.	—
11.	Sulfurylchlorid	SO_2Cl_2	her.	recht gering.	Lösungen der Alkalijodide gelb, von SnJ_4 violettrot.
12.	Phosphoroxychlorid	$POCl_3$	wasserstoffe, Säuren, .	bin. Salze gut. tertiäre weit schlechter. CB_3COOH fast garnicht.	Alkalijodide gelb. HgJ_2 farblos. $FeCl_3$ gelbbraun.
13.	Arsentrichlorid	$AsCl_3$	vorher.	bin. Salze gut. Typ CoJ_2 und CB_3COOH nicht.	Alkalijodide gelb, bei Überschuß des Lösungsmittels violett. CoJ_2 violett.
14.	Arsentribromid	$AsBr_3$	rher.	binäre Salze auch SbJ_3, SNJ_4, $FeCl_3$.	manche anorg. Stoffe abnorme Molekulargew.
15.	Antimontrichlorid	$SbCl_3$	—	sehr bedeutend.	—

	VW.	SG.	Lösungsvermögen für anorganische,	organ. Verbindungen	Jonisierung	Bemerkungen
5	49,37	ung.	RbJ. Halogene von As. Sb. Sn. HgJ_2 rotbraun. CdJ_2 u. CoJ_2 gelbbraun.	Kohlenwasserstoffe. Säuren. Ester. $(C_2H_5)_4NJ$.	binäre Salze mit Verdünnung wachsend.	AsJ_3 u. SbJ_3 blutrot. SnJ_4 gelbrot gelöst.
	—	ung.	Halogensalze der Metalloide.	Zahlreiche Verbindungen.	Anorgan. Verbindungen und CH_3J.	sehr träge Flüssigkeit. nur Br wirkt heftig ein.
	—	ges.	höchstens spurenweise.	wie bei H_2S.	org. Verbindungen mit ung. O-, S-, N-Atomen.	Beste Leitfähigkeit wie $^1/_{25}$ normal KCl-Lösung.
	—	ges.	höchstens spurenweise.	wie bei H_2S.	org. Verbindungen mit ung. O-, S-, N-Atomen.	Beste Leitfähigkeit wie $^1/_{25}$ normal KCl-Lösung. Leitfähigkeit wächst mit steigender Konzentration.
	—	ges.	höchstens spurenweise.	wie bei H_2S.	org. Verbindungen mit ung. O-, S-, N-Atomen.	
	103,0	ges.	$AsCl_3$, $SbCl_3$, $SnCl_4$, $AsBr_3$, $SnBr_4$.	CCl_3COOH, CBr_3COOH, CH_3CN, $C_6H_5CH_3$, $(C_6H_5)_3CH$, $(C_6H_5CO)_2$; $C_6H_2(NO_2)_3OH$; C_9H_7N (Chinolin).	—	—
	93,5	ung.	einige Metalloide.	Zahlreiche Verbindungen,	—	anormal hohe Molekulargewichtsbestimmungen.
3	45,6	ges.	Alkalijodide sehr schwer.	quat. Jod Ammonbasen. $(CH_3)_3SJ$.	—	—
	147,5	ges.	KBr bräunlichgelb.	$(C_2H_5)_4NJ$ grünlich.	—	—
	38,3	ges.	nichts erwähnt.	$(C_2H_5)_4NJ$ violett. CBr_3COOH klar.	—	—
	67,24	ung.	Halogene von As, Sb, Sn.	Kohlenwasserstoffe, Säuren. Ester, Ketone, tertiäre Basen.	—	JCl tief violett. Jodide gelb. prim. u. sec. Basen unter Zischen unlöslich.
)	?	ung.	wie vorher u. HgJ_2, sublimiertes $FeCl_3$.	wie vorher.	—	$FeCl_3$ tiefbraun. Jodide gelb. Chinolin rötlich.
	—	ges.	Jodide von As, Sb, Sn gelb. Salze sehr schwer.	—	—	—
	37,3	ges.	—	$(C_2H_5)_4NJ$ bräunlichgelb. CB_3COOH.	—	—
)	30,53	ges.	ähnlich wie bei $SbCl_5$.		—	—
	—	ung.	—	—	—	—
	—	ges.	Zwar keine Literatur darüber vorhanden, gehört aber wohl hierher.		—	—

Solvens SO_2 dagegen eine von 147,5 Kal. besitzt; SO_2 ist außerdem stark polymerisiert, während viele wenig oder garnicht assoziierten Lösungsmittel dissoziierend wirken. Endlich geht aus den ersten Kolumnen der Tabelle noch hervor, daß auch zwischen hohen Siedepunkten wie kritischen Daten und Ionisationsfähigkeit keine Proportionalität besteht.

Es hat sich ferner die eingangs ausgesprochene Vermutung, Parallelen zwischen den Ionisationsvorgängen in wässrigen Lösungen und in anderen Solventien zu finden, nicht bestätigt. Trotz vielfacher Übereinstimmungen sind dennoch im allgemeinen sehr große Unterschiede vorhanden. Es tritt in nicht wässrigen Lösungsmitteln sehr häufig Polymerisation der gelösten Substanz oder auch Assoziation zwischen dem dissoziierenden Medium und den gelösten Ionen ein. Daraus resultieren alsdann sehr merkwürdige Werte für Molekulargewichtsbestimmungen und Leitfähigkeitsmessungen wie für das Anwachsen der Leitfähigkeit mit der Verdünnung. Viele Stoffe, die von Wasser gar nicht dissoziiert werden, lösen sich in manchen anorganischen Flüssigkeiten unter elektrolytischer Spaltung. Es findet auch oft chemische Einwirkung des Lösungsmittels auf die gelöste Substanz statt, woraus sich wieder mannigfache Komplikationen ergeben.

Erklärung zur Tabelle:

Kolumne 5: KP = Kochpunkt
" 6: EP = Erstarrungspunkt*)
" 7: p = krit. Druck
" 8: t = krit. Temperatur
" 10: Leitfähigkeit des reinen Lösungsmittels
" 11: DC = Dilektrizitätskonstante
" 12: AF = Assoziationsfaktor**)
" 13: VW = Verdampfungswärme
" 14: SG = Sättigungsgrad
ges. = gesättigt — ung. = ungesättigt.

*) Die unterstrichenen Werte sind von Ramsay-Shields berechnet. Z. ph. Ch. **12**, 433.

**) x · normales Molekulargewicht = beobachtete Molekulargröße.

Literatur.

[1]) U. Antoni und G. Magri: Gaz. chim. ital. 1905, **35**, I, 206. Chem. Centralbl. 1905, I, Nr. 26.
[2]) Wm. T. Skilling: Am. Chem. Journ. 1901, **26**, 383.
[3]) Proc. Roy. Soc. London. **73**, 454.
[4]) D. Mc. Intosh und B. D. Steele: ibid. **73**, 450.
[5]) Phil. Mag. 1891, **32**, 113.
[6]) ibid. **63**, 320.
[7]) Z. ph. Ch. 1894, **13**, 531.
[8]) Z. ph. Ch. 1899, **30**, 24.
[9]) Journ. Ch. Soc. 1897, **71**, 925.
[10]) Z. ph. Ch. 1895, **18**, 514. 1898, **27**, 319. 1899, **30**, 30.
[11]) Z. anorg. Ch. 1905, **46**.
[12]) Phil. Trans. London 135, I.
[13]) Lieb. Ann. Ch. Pharm. 1859, **110**.
[14]) Mem. d. l'Acad. 1862, **26**.
[15]) An. d. Ch. u. Ph. **121**.
[16]) Chem. News. **23**.
[17]) Phil. Trans. 1873, **163**, 359.
[18]) Proc. Roy. Soc. 1872, **20**, 441. 1873, **21**, 140.
[19]) Phil. Mag. 1878 (5) **5**, 378. Proc. Roy. Soc. **25**, 322.
[20]) Ber. d. D. Ch. Ges. 1899, **32**, 2862.
[21]) Z. ph. Ch. 1902, **39**, 513.
[22]) Z. anorg. Ch. 1900, **25**, 209.
[23]) ibid. 1902, **29**, 371.
[24]) Z. ph. Ch. 1890, **5**, 69.
[25]) Gazz. ch. ital. 1900, **30**, II 151.
[26]) Journ. Ch. Soc. 1901, **79**, 1356.
[27]) C. R. 1888, **106**, 599.
[28]) Moissan C. R. **129**.
[29]) Journ. Ch. Soc. 1904, **85**, 919. Phil. Trans. Soc. London A. 205, **99**, 1905. Z. f. Elektroch. **12**, **268**, 1906.
[30]) Z. ph. Ch. 1902, **39**.
[31]) Journ. Ph. Ch. 1902, **6**, 447.
[32]) ibid. 1901, **5**, 503. 1904, **8**, 122.
[33]) Bunsen: Pogg. Ann. 1839, **46**.
[34]) Lieb. Ann. **316**, 1. Vergl. G. Oddo Gazz. chim. ital. **31**, II 158.
[35]) Bull. Soc. chim. 1868, **10**, 226.
[36]) Schweiggers Journ. 1829, **55**, 285.
[37]) Gazz. chim. Ital. 1895, **25** I, 205.
[38]) Wied. Ann. 1895, **56**, 557—63.
[39]) Kahlenberg: Journ. Ch. Ph. 1901, **5**, 339.
[40]) Z. ph. Ch. 1887, **1**, 109 und 529. 1888, **2**, 901. Für Salze zweibasischer Säuren 20 Einheiten, für die dreibasischer 30.
[41]) Wiedem. Ann. 1885, **26**, 161.
[42]) Z. ph. Ch. 1894, **13**, 191.
[43]) Walden: Z. anorg. Ch. 1900, **23**, 376.
[44]) Le Blanc und Noyes: Z. ph. Ch. **6**, 401. Alexander A. Jakovkin ibid. **13**, 539.
[45]) Z. ph. Ch. 1895, **16**, 72 } s. a. Arrhenius: ib.
[46]) ibid. 1896, **21**, 257. } 1889, **4**, 96, **9**, 339.
[47]) Wied. Ann. 1891, **43**, 212.
[48]) Americ. Ch. Journ. 1900, **24**, 89.
[49]) Dissertation 1897 Gießen.
[50]) Journ. ph. Ch. 1896/97, **1**, 707.
[51]) Ph. Review. 1899, 8, 38.
[52]) Z. f. Elektroch. 1900, **6**, 477, 485, 493.
[53]) Z. ph. Ch. 1894, **14**, 317.
[54]) Berl. Ber. 1897, **30**, 1547.
[55]) Z. f. Elektroch. 1898, **4**, 355.
[56]) Le Blanc: Z. f. Ch. 1891, **8**, 299. 1893, **12**, 333.
[57]) Americ. Ch. Journ. 1898, **20**, 820.
[58]) Z. f. Elektroch. 1898, **4**, 414.

[59]) Americ. ch. Journ. **1900, 23, 277.**

[60]) Z. f. Elektroch. **1899, 6, 338.**

[61]) Journ. Americ. Ch. Soc. **1904, 26, 499.** Z. f. ph. Ch. **49, 383.**

[62]) Americ. ch. Journ. **1898, 20, 837.**

[63]) Americ. ch. Journ. **1900, 24, 83.**

[64]) Berichte der deutsch. ch. Ges. **1895, 28, 2866.** Z. ph. Ch. **1898, 27, 319,** vergl. auch über Wasserstoffsuperoxyd, Ber. **1895, 28, 2847. 1900, 33, 1709.**

[65]) Besson: C. R. **1890, 110, 240** und **516.**

[66]) Besson: C. R. **1892, 114, 542.**

[67]) Besson: C. R. **1890, 111, 972.**

[68]) Bonnefoi C. R. **1897, 124, 771** u. ibid. **1898, 127, 367.**

[69]) Joannis C. R. **1891, 112, 337** u. ibid. **1905, 140, 1243.**

[70]) Joannis-Croizier C. R. **1894, 118, 1194.** Jarry ibid. **1898, 126, 1138.**

[71]) Bouzat Ann. chim. et ph. **1903, 29, 305.**

[72]) Baud C. R. **1901, 132, 134.**

[73]) Lang-Carson-Journ. americ. ch. Soc. **1904, 26, 414.**

[74]) Fowler Chem. News. **1900, 82, 245.**

[75]) Moissan C. R. **1898, 127, 685.** ibid. **1903, 136, 1177.**

[76]) Guntz C. R. **1901, 133, 874.** Mentrel ibid. **1902, 135, 740.**

[77]) Roederer C. R. **1905, 140. 1252.**

[78]) Z. f. Elektroch. **1899/1900, 6, 42.**

[79]) Joannis C. R. **1891, 113, 795.**

[80]) Joannis C. R. **1892, 114, 585.**

[81]) Joannis C. R. **1893, 116, 1370** die Einwirkung von Sauerstoff. Joannis C. R. **1893, 116, 1580** die Einwirkung von Kohlenoxyd. Rengade C. R. **1904, 138, 629** die Einwirkung von Kohlendioxyd. Joannis C. R. **1894, 118, 713** die Einwirkung von Stickstoff, -oxydul, -oxyd. Joannis C. R. **1894, 119, 527** die Einwirkung von PH_3. Moissan C. R. **1898, 127, 911** die Einwirkung von Azetylen. Hugot untersucht C. R. **1895, 121, 206. 1898, 126, 1719** die Einwirkung von Phosphor und C. R. **1896, 127, 553. 1899, 129, 603** die Einwirkung von Arsen und C. R. **1899, 129, 299** von Selen, **1899, 129, 388** von Tellur und Schwefel auf die Alkaliammoniumverbindungen.

[82]) Joannis C. R. **1891, 112, 393.**

[83]) Franklin-Kraus: Americ. ch. Journ. **1899, 21, 1.**

[84]) C. R. **1904, 138, 1498.**

[85]) C. R. **1905, 140.**

[86]) Hugot C. R. **1904, 139, 54.**

[87]) Blix und Wirbelauer: Ber. d. deutsch. chem. Ges. **1903, 36, 4220.**

[88]) Metzner C. R. **1897, 124, 32.**

[89]) Journ. americ. Ch. Soc. **1905, 27, 191.**

[90]) J. pr. Ch. **1888, 146, 563.**

[91]) An. Chim. et Phys. **1839, 72, 349.**

[92]) Dissertation **1906** Berlin, s. a. Rosenheim und Jacobsohn. Z. f. anorg. Ch. **1906, 50.**

Bestreuungsdiagramme von Rotationstischen.

Von Dipl.-Ing. **Franz Greger.**

ie Bestreuung der auf dem Rotationstisch der Sandstrahlgebläse liegenden Gußstücke soll möglichst gleichmäßig erfolgen, das heißt so, daß auf jede Flächeneinheit in derselben Zeiteinteilung das gleiche Quantum Sand unter demselben Druck auftrifft. Um dieses Ziel, und damit die bestmöglichste Ausnutzung des Putzsandes zu erreichen, hat man den Bestreuungsdüsen, die die Gußstücke bestreichen, verschiedenartige Bewegungen erteilt. Man kann sie einteilen in gleitende, schwingende und rotierende Bewegung. Die gleitende Bewegung beruht darauf, daß das Mundstück radial in einer Geradführung hin und her bewegt wird. Bei dieser Bewegung trifft der Strahl in jeder Stellung ⊥ auf den Tisch auf. Um die Tischoberfläche möglichst gleichmäßig zu bestreuen, mußten die von den Düsen in gleichen Zeiten bestrichenen Ringe gleichen Flächeninhalt besitzen. Infolgedessen waren die der Tischmitte näher liegenden Ringe breiter, daher die Düsenwege größer, die dem Rande zu gelegenen schmäler, die Düsenwege kleiner. Entsprechend der Verschiedenheit der Düsenwege sind auch die Geschwindigkeiten verschieden. Die Anwendung des Kurbelmechanismus hat bei den verschiedenen Ringen zur Folge, daß die Geschwindigkeit von 0 bis zu einem Maximum ansteigt und wieder auf 0 herabsinkt, während doch eine gleichförmige Geschwindigkeit die richtige wäre. Dieser Nachteil wird sich naturgemäß auch in der Bestreuung bemerkbar machen.

Die schwingende Düse schwingt um einen Drehpunkt hin und her, sodaß der Sandstrahl unter verschiedenen Winkeln auf den Tisch auftrifft; der Winkel ist ein rechter in der Mittelstellung des Mundstückes.

Der Wechsel in der Düsengeschwindigkeit führte zur Einführung der kreisenden Bewegung, bei welcher die Geschwindigkeit sich der Bewegung der einzelnen Tischpunkte möglichst genau anpaßte. Die kreisende Bewegung wird durch unrunde Räder erzielt.

Im folgenden sei an Hand von Bestreuungsdiagrammen untersucht, mit welcher der drei Bewegungen die gleichmäßigste Bestreuung

erzielt werden kann. Für alle drei Fälle wurde angenommen:
Der größte Durchmesser des Tisches 2200 mm
„ kleinste „ „ „ 600 „
Ferner wurde angenommen, daß die gesamte Streuung der Düsen während einer einmaligen Tischumdrehung summarisch die gleiche sei und im Diagramm durch eine Fläche von 10000 mm, dargestellt werde.

Bei Anwendung von 2 Düsen hat somit eine Düse eine Fläche von 5000 mm² zu bestreuen, von drei Drüsen eine Fläche von 3333 mm².

Das ideale Bestreuungsdiagramm würde sich ergeben, wenn man über dem horizontalen Radius als Grundlinie die Fläche von 10000 mm² so aufträgt, daß sie im Tischzentrum 0 wird und nach dem Rand entsprechend dem Anwachsen des Durchmessers größer wird. Somit bildet den Abschluß des theoretischen Diagramms ein radial nach dem Tischmittelpunkt gehender Strahl.

Für jeden Tischring geben dann die entsprechenden Kreisbögen die Ordinaten des Diagramms. Je geringer die Abweichung des tatsächlichen Diagramms von dem idealen ist, um so vollkommener darf die Bestreuung dieser Gattung angesehen werden.

Zuerst werde das Bestreuungsdiagramm für gleitende Düsen betrachtet. (Figur 1).

Der Hub der beiden Düsen wurde, um für jede dasselbe Bestreuungsfeld zu erzielen, folgendermaßen gewählt:

Hub der äußeren Düse = 280 mm
„ „ inneren „ = 470 „

Die von den beiden Düsen bestrichenen Ringflächen betragen demnach je 16500 cm².

Die Bestreuung eines beliebigen Tischringes ist abhängig von der dort herrschenden Düsengeschwindigkeit. Die Intensität der Bestreuung auf ein und derselben Ringfläche ist in allen Punkte die gleiche, im nächstfolgenden Parallelkreis dagegen wird sie sich schon geändert haben, entsprechend der Geschwindigkeitsänderung. Demnach hat man für den Entwurf des Diagramms für jeden Tischpunkt, radial gemessen, die Geschwindigkeit zu ermitteln, mit welcher sich die Düse über diesen Punkt radial bewegt. Die Geschwindigkeit kann ohne weiteres graphisch ermittelt werden, da der Düsenantrieb durch einen Kurbelmechanismus erfolgt. Die Geschwindigkeiten verlaufen, unter Berücksichtigung der endlichen Schubstangenlänge, in Annäherung an die Sinuskurve (siehe Hilfsdiagramm, Figur 1). Als Grundlinie wurde der vertikale Radius gewählt.

Durch Planimetrieren der Geschwindigkeitsdiagramme ergab sich eine mittlere Geschwindigkeit

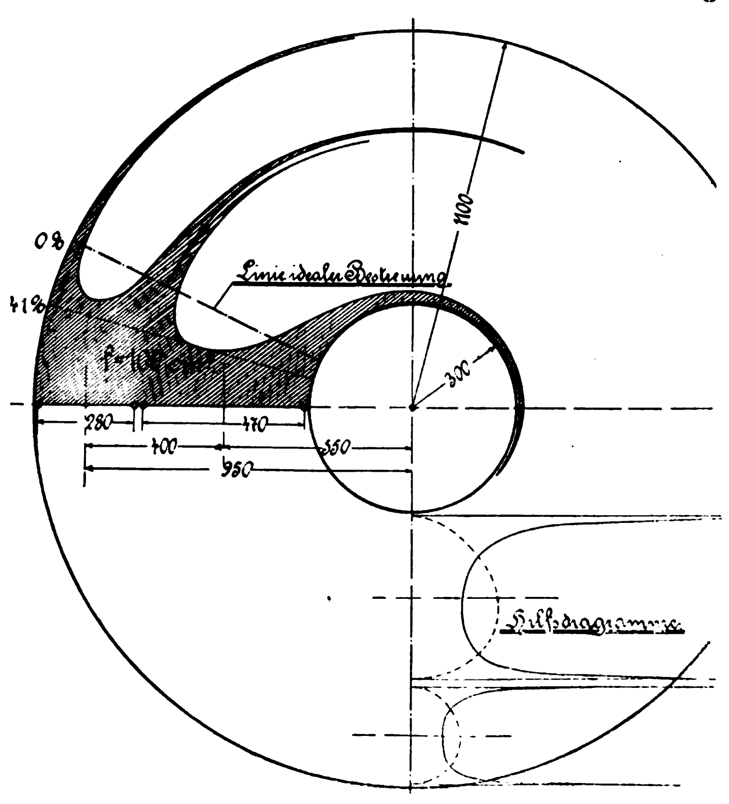


Fig. 1. Rotationstisch mit gleitenden Düsen.

der äußeren Düse von 22,2 mm,
„ inneren „ „ 38,9 „

Diese mittleren Ordinaten sind sogleich als Ordinaten der mittleren Bestreuung angenommen und ein entsprechendes Bestreuungsdiagramm I und II aufgestellt worden. Im Diagramm I entspricht danach einer Düsengeschwindigkeit von 48,5 mm die Bestreuungsordinate

$$38{,}5 \cdot \frac{38{,}5}{48{,}5} = 30{,}6 \text{ mm.}$$

Durch Planimetrieren wurde erhalten:

Inhalt des Bestreuungsdiagramms I: 4550 mm²
„ „ „ II: 1500 „

Die so erhaltenen Ordinaten beider Diagramme werden nun mit dem horizontalen Radius als Grundlinie so übertragen, daß der Flächeninhalt jedes Diagramms 5000 mm² wird.

In diesem Diagramm beträgt also beispielsweise die vorige Ordinate:

$$30{,}6 \cdot \frac{5000}{4500} = 33{,}6 \text{ mm.}$$

Fig. 2. Rotationstisch mit schwingenden Düsen.

Bei schwingender Düsenbewegung sind drei Düsen (Figur 2) so angeordnet, daß Düse I den ganzen Tisch bestreicht, während Düse II und III nur die äußeren Tischzonen in ihren Bestreuungsbereich ziehen. Auch hier wird die Schwingung durch einen Kurbelmechanismus vermittelt. Die Düsengeschwindigkeiten werden also auch hier mit Annäherung an die Sinuskurve verlaufen. In der Hilfsfigur (Figur 2) sind über den Projektionen der Düsenwege auf bekannte Weise die Düsengeschwindigkeiten ermittelt und in der entsprechenden Bewegungsrichtung eingezeichnet. Die erforderlichen radialen Geschwindigkeiten ergeben sich dann durch Zerlegung dieser Geschwindigkeiten in radialer Richtung. Diese so gefundenen radialen Komponenten werden dann genau wie vorher zu einem Diagramm vereinigt.

Durch Planimetrieren der drei Düsengeschwindigkeitsdiagramme wurde gefunden:

Mittlere Geschwindigkeit von
Düse I: 96 mm,
Düse II: 64 mm,
Düse III: 38,5 mm.

Diese Ordinaten im Bestreuungsdiagramm zu Grunde gelegt, ergeben auch die mittlere Bestreuung. Diagramme I und II sind dabei im halben Maßstab eingezeichnet.

Ebenso wie vorher, gehört also zum Beispiel zu einer Geschwindigkeitsordinate von 124,5 mm eine Bestreuungsordinate:

$$\frac{96}{124{,}5}\ 96\ \frac{1}{2} = 37 \text{ mm.}$$

Entsprechend der nach den Totpunkten des Kurbelmechanismus hin kleiner werdenden Düsengeschwindigkeit, werden sich hier für die Bestreuungsordinate größere Werte ergeben, nach der Mitte zu kleinere, sodaß das Bestreuungsdiagramm die Gestalt erhält, wie sie das Hilfsdiagramm (Figur 2) zeigt.

Das Hilfsdiagramm I reduziert man am Schluß auf den erforderlichen Flächeninhalt von 3333 n/m² und trägt die Höhen als Bestreuungsordinaten in der Hauptfigur über dem horizontalen Radius als Grundlinie auf. Desgleichen reduziert man die Hilfsdiagramme II und III auf den Flächeninhalt 3333 mm² und trägt sie über dem horizontalen Radius so auf, daß sich die reduzierten Bestreuungsordinaten von II zu denen von I und die von III zu denen von I und II hinzuaddieren.

Bei der r o t i e r e n d e n Düsenbewegung sind zwei Düsen in Anwendung, die beide, genau wie im ersten Falle, besondere, gleich große Flächen des Tisches zu bestreichen haben. Demnach rotiert die innere Düse mit dem größeren Radius von 235 mm, die äußere mit

einem kleineren von 125 mm. Die radialen Geschwindigkeiten verlaufen hierbei wie beim Kurbelmechanismus, so daß also anscheinend eine Verbesserung gegenüber dem ersten Fall (gleitende Düsenbewegung) nicht erzielt worden ist. Die Mängel, welche dem ersten Diagramm noch anhaften, hat man durch Einschaltung unrunder Räder teilweise beseitigt. Infolge des Abfallens der radialen Düsengeschwindigkeiten in den Umkehrpunkten und der daraus folgenden längeren Bestreuung wird im Falle 1 unnötigerweise Material und Arbeit verschwendet.

Bei der letzten Kategorie hat man nun durch Einschalten unrunder Räder derartige Geschwindigkeitsverhältnisse erzielt, daß die Maxima der Winkelgeschwindigkeit W an die Stelle der früheren Umkehrpunkte treten.

Das Winkelgeschwindigkeitsdiagramm ist in Figur 3 (Nebenfigur) aufgezeichnet.

Man ersieht, daß bei 0°, wo der größte Radius des treibenden Rades mit dem kleinsten Radius des getriebenen zusammenarbeitet, die größte Winkelgeschwindigkeit des getriebenen Rades auftritt. Dieser Wert ist in der Nebenfigur mit 100 mm eingezeichnet.

Bezeichnet: W_x = Winkelgeschwindigkeit des getriebenen Rades

$W_{const.}$ = konstante Winkelgeschwindigkeit des Antriebs.

r_1 = Radius des treibenden Rades,

r_2 = Radius des getriebenen Rades

so folgt aus der Gleichheit der Umfangsgeschwindigkeiten:

$$r_2 W_x = r_1 W_{const.} \text{ daraus:}$$

$$W_x = W_{const.} \frac{r_1}{r_2}$$

Setzt man $W_{const.} = 1$ so kann W_x leicht für verschiedene Punkte ermittelt und aufgetragen werden. Dies ist in dem Winkelgeschwindigkeitsdiagramm geschehen. Man kann daraus eine minimale Winkelgeschwindigkeit ablesen:

$$W_{min} = 62{,}5 \text{ mm.}$$

Mit Hilfe dieser Werte lassen sich leicht die absoluten Umfangsgeschwindigkeiten der Düsen berechnen, indem man die gefundenen Werte W_x multipliziert mit den Radien der einzelnen Düsenkreise.

Die Umfangsgeschwindigkeit ist in allen Punkten abhängig von der Änderung der Winkelgeschwindigkeit.

Man kann somit ohne weiteres die gefundenen Werte der Winkelgeschwindigkeiten als Ordinaten der Umfangsgeschwindigkeiten benützen. Dies ist im Hilfsdiagramm (Figur 3, S. 17) geschehen. Die Winkelgeschwindigkeiten W wurden in halber Größe in den zugehörigen Bewegungsrichtungen aufgetragen. Durch Zerlegung dieser Größen in zwei Komponenten erhält man auch hier die radiale Geschwindigkeit der Düsen, die wie in den früheren Fällen

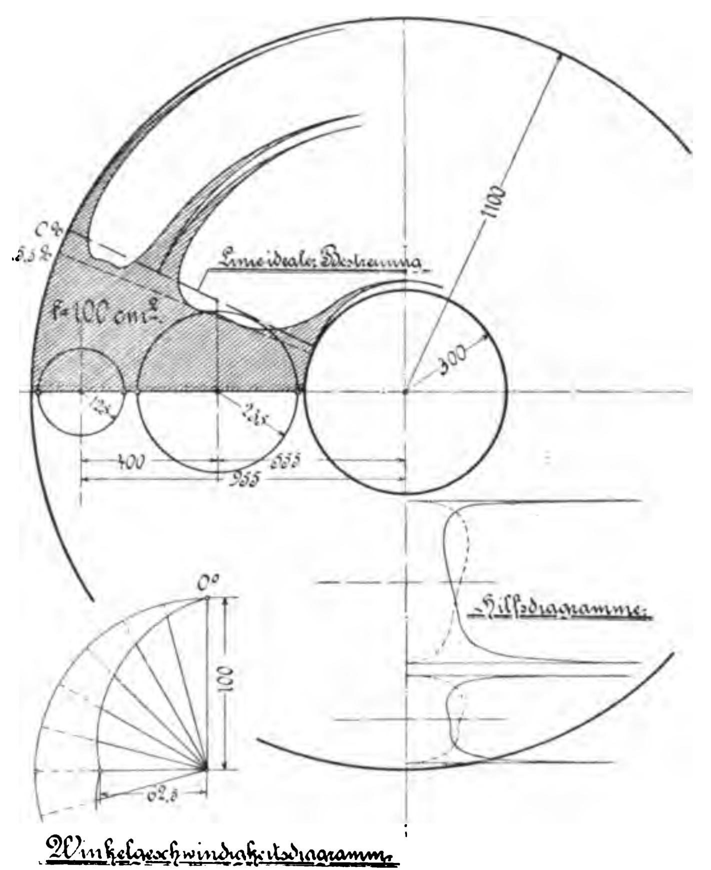


Fig. 3. Rotationstisch mit rotierenden Düsen.

über dem vertikalen Radius als Grundseite zu einem Diagramm vereinigt wurden.

Für die beiden Düsengeschwindigkeiten erhielt man mit Hilfe des Planimeters als mittlere radiale Geschwindigkeit 28,5 bezw. 28,2 mm.

Man erhält dann die Bestreuungsordinaten wie früher. Die reduzierten Bestreuungsordinaten werden am Schluß über dem horizontalen Radius als Grundseite zu einem Diagramm vereinigt (in Figur 3 schraffiert).

Das genaue Auftragen der Bestreuungsordinaten bei Punkten in der Nähe der Um-

kehrpunkte ist sehr schwierig, da die Ordinaten hier rapid steigen, in den Umkehrpunkten sogar unendlich groß werden.

Aus diesem Grunde wurden die Bestreuungsordinaten nur soweit aufgetragen, als sich dieselben überhaupt feststellen ließen. In der 1. Figur macht sich das Anwachsen der Bestreuungsordinaten, insbesondere am inneren Tischrande, sehr unangenehm bemerkbar.

Zur Vermeidung dieses Übelstandes ist es notwendig, daß die kritischen Punkte mit größtmöglicher absoluter Geschwindigkeit passiert werden.

Bei der schwingenden Düsenanordnung suchte man dadurch Abhilfe zu schaffen, daß man die Drehpunkte über dem kritischen Punkte anordnete, wo also der Kurbelmechanismus seine maximale Geschwindigkeit besitzt, bei rotierender Düsenanordnung richtete man die Konstruktion so ein, daß hier die maximale Geschwindigkeit der unrunden Räder auftritt.

Vollständig läßt sich der Übelstand nicht beseitigen, eine Verbesserung im Diagramm ist jedoch erreicht, nämlich die Verschmälerung der Bestreuungszipfel. Auch hat man an der Stelle, wo die beiden Düsenzonen innerhalb des Tisches (Figur 1 und 3) aneinander grenzen, das Übergreifen des Bestreuungszipfels der äußeren Düse über den inneren Zipfel bei der dritten Anordnung damit vermieden, daß man den Weg der Düsen so begrenzt, daß die beiden Streukegel sich nur sehr wenig schneiden.

Vergleicht man nun die Bestreuungsdiagramme der drei Düsenanordnungen mit dem in jeder Figur eingetragenen idealen Bestreuungsdiagramm, sowie unter sich, so erkennt man, daß inbezug auf Ökonomie des Betriebes der rotierenden Düsenanordnung vor den beiden anderen der Vorzug zu geben ist.

Die Punkte geringster Bestreuung mögen in Bezug auf die Bestreuungsstärke gerade den Anforderungen genügen, welche das Bearbeitungsmaterial stellt. Verbindet man diese Punkte in den einzelnen Diagrammen mit dem Tischmittelpunkt, so zeigt uns die unterhalb der Verbindungslinie liegende, voll schraffierte Fläche die vollständig ausgenützte Bestreuung, die darüber liegende, zackige, schraffierte Fläche die sog. „Überstreuung" des Tisches. Diese Überstreuung ist offenbar um so größer, je weiter der tangierende Radius von dem Radius der idealen Bestreuung entfernt ist.

In mm am äußeren Tischrand gemessen beträgt diese Entfernung beim:

Tisch mit rotierenden Düsen: 15 mm
Tisch mit gleitenden Düsen: 40 mm,
Tisch mit schwingenden Düsen: 66 mm.

In Prozenten ausgedrückt:

Tisch mit rotierenden Düsen: 15,5 % Überstreuung
Tisch mit gleitenden Düsen: 41 % „
Tisch mit schwingenden Düsen: 68 % „

Die Größe der Überstreuung ist ein Maß für die Güte des Tisches. Die Anordnung mit rotierenden Düsen erweist sich somit als die günstigste.

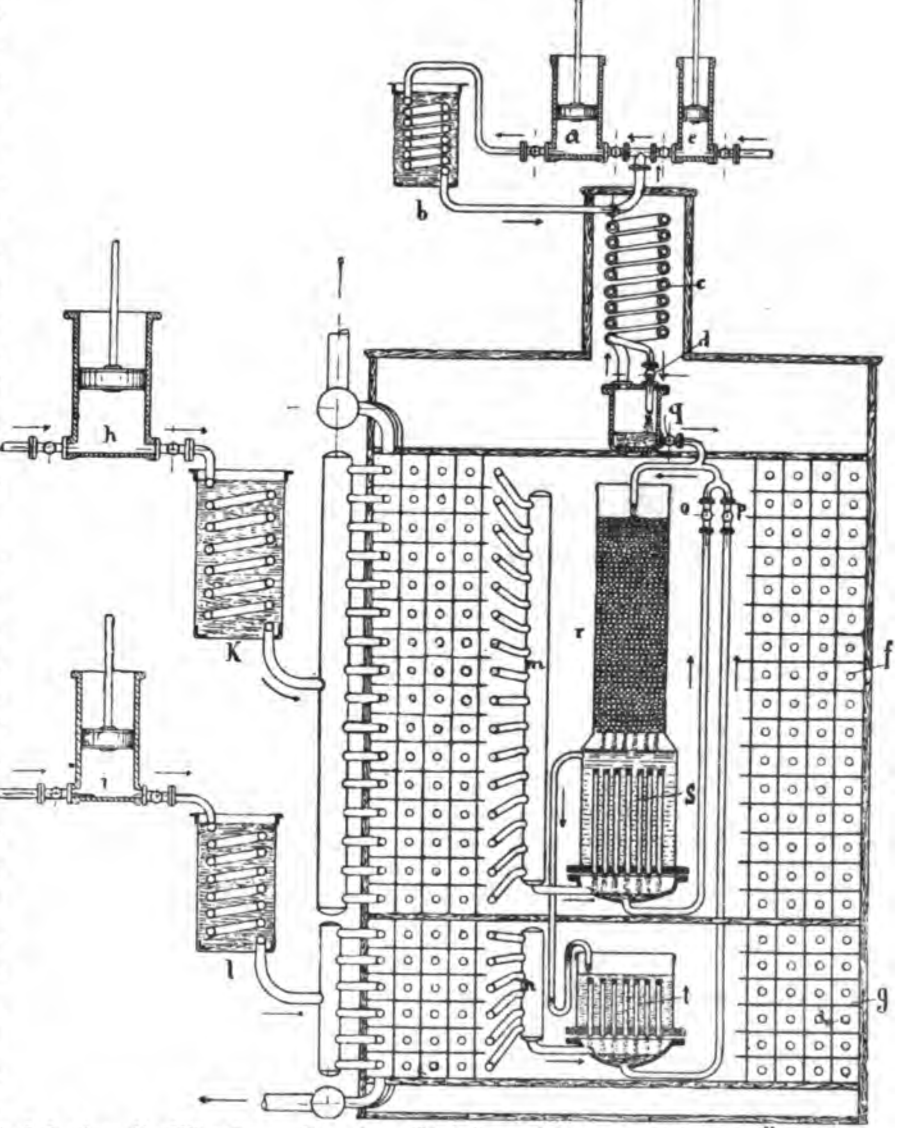


Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



Verfahren und Apparat zur Herstellung von Sauerstoff von beliebiger Reinheit. Dr. C. von Linde in München. D. R.-P. Nr. 173620. Den Gegenstand des Patentes bildet eine Abänderung des Verfahrens, bei welchem die Verdampfungsprodukte aus flüssiger Luft, welche anfänglich vorwiegend Stickstoff enthalten und um so sauerstoffreicher werden, je weiter die Verdampfung fortschreitet, in den verschiedenen Abschnitten der Verdampfung getrennt aufgefangen und abgeführt werden. Der Gegenstand des Patentes weicht von diesem Verfahren darin ab, daß die Verdampfungsprodukte flüssiger Luft, statt aus den verschiedenen Abschnitten der Verdampfung (als Fraktionen) getrennt abgeführt zu werden, in ihrer Gesamtheit einem abwärts rieselnden Strome verflüssigter atmosphärischer Luft entgegengeführt werden. Da im Gleichgewichtszustande flüssige Gemische von Sauerstoff und Stickstoff stets sauerstoffreicher sind als die mit ihnen in Berührung stehenden Dämpfe, so wird Sauerstoff aus den aufsteigenden Dämpfen an die herabkommende Flüssigkeit und Stickstoff aus der Flüssigkeit an die Dämpfe so lange abgegeben werden können, bis die oben

austretenden Dämpfe nur mehr so viel Sauerstoff enthalten, als dem Partialdruck desselben über der oben zufließenden flüssigen Luft entspricht und bis die herabrieselnde Flüssigkeit ihren Stickstoff vollständig an die aufsteigenden Dämpfe abgegeben hat. Im Beharrungszustande der in beifolgender Skizze veranschaulichten Einrichtung verläuft der Vorgang folgendermaßen: Die Gefäße s und t sind mit sauerstoffreicher Flüssigkeit gefüllt. Die von den Kompressoren h und i gelieferte Druckluft wird zunächst in den Kühlern k und l auf Kühlwassertemperatur gebracht und gelangt dann in den Apparaten f und g im Gegenstrom, mit den abziehenden Verdampfungsprodukten auf die Verflüssigungstemperatur abgekühlt, zu den Sammelstücken m und n. Von m geht sie zur Rohrwand des Gefäßes s und verflüssigt sich in den senkrechten Rohren, indem sie eine gleiche Menge Flüssigkeit im Gefäß s zur Verdampfung bringt. Das Kondensat sammelt sich unten und wird durch das Drosselventil o dem oberen Ende der Kolonne zugeführt, ebenso wie durch Ventil p die von n kommende, in den Rohren von t kondensierte Druckluft. In dem Gefäß s hat die Flüssigkeit den hohen Sauerstoffgehalt des zu produzierenden Gases. Die hier entwickelten Dämpfe von ebenfalls hohem Sauerstoffgehalt treten in ihrer Gesamtheit von unten in die Rektifikationskolonne r ein, die aus einem Zylinder mit gelochtem Boden besteht, der (nach einem Vorschlage von W. Hempel, Zeitschrift für analyt. Chem. 1881, S. 502) ganz mit Glasperlen gefüllt ist. Die Dämpfe durchdringen aufsteigend die von oben herabrieselnde Flüssigkeit, deren Sauerstoffgehalt am oberen Ende der Kolonne dem der Luft gleich ist, also 21 Prozent beträgt. Die Flüssigkeit kommt daher im Herabrieseln mit immer sauerstoffreicheren Dämpfen in innige Berührung. Hierdurch wird gemäß den oben angegebenen Bedingungen



für den Gleichgewichtszustand ein Übergang von Sauerstoff aus den Dämpfen in die Flüssigkeit und von Stickstoff aus der Flüssigkeit in die Dämpfe bewirkt. Bei genügender Höhe der Kolonne und ausreichender Berührungsfläche zwischen Dampf und Flüssigkeit ist dieser Austausch so vollkommen, daß im Beharrungszustande die Flüssigkeit als nahezu reiner Sauerstoff unten aus der Kolonne austreten kann, während die Dämpfe die Kolonne

oben mit etwa 7 Prozent Sauerstoff verlassen, d. h. mit demjenigen Sauerstoffgehalt, welcher dem Partialdruck des Sauerstoffes über der zufließenden flüssigen Luft entspricht. In diesem Falle führen die Dämpfe höchstens ein Drittel des mit der flüssigen Luft eingetretenen Sauerstoffes mit sich fort. Nur dieses Drittel geht der Sauerstoffgewinnung verloren. Die übrigen zwei Drittel fließen in beliebiger Reinheit aus dem Gefäß s in den Sauerstoffverdampfer t über und werden dort vollständig verdampft. Eine solche Ausbeute ist nur zu erzielen, wenn die im Gefäß s entwickelten Dämpfe, wie schon oben gesagt, in ihrer Gesamtheit durch die ganze Höhe der Kolonne der herabkommenden Flüssigkeit engegengeführt werden. Jede Ableitung von Dämpfen aus dem Gefäß s oder aus der Kolonne unter ihrem oberen Ende bedingt einen erhöhten Sauerstoffverlust, da diese Dämpfe dann keine Gelegenheit haben, ihren Sauerstoff bis auf 7 Prozent an die flüssige Luft abzugeben und dieser eine entsprechende Menge Stickluft zu entziehen. Sämtliche Verdampfungsprodukte nehmen ihren Weg durch die Kanäle der Gegenstromapparate f und g und tauschen ihre Temperatur mit der in den Spiralrohren strömenden Luft aus, so daß sie mit einer Temperatur austreten, die nur wenig unterhalb Kühlwassertemperatur liegt. Durch passende Wahl des Verhältnisses der von den beiden Kompressoren h und i gelieferten Luftmengen, sowie der Austausch- und Kondensationsflächen der Apparate f und g bezw. s und t hat man es in der Hand, den Sauerstoffgehalt des gewonnenen Gases in weiten Grenzen zu variieren und bis zu fast vollkommener Reinheit zu steigern.



Zeitschriften- und Bücherschau.



Kälte-Industrie.

Schachtabteufen nach Gefrierverfahren. Von Rich. Stetefeld. (Zeitschr. f. d. ges. Kälte-Industrie 1906, Heft 11, S. 201.)

Kaltlagerung von Käse. Versuche bei verschiedenen Temperaturen, Gewichtsverluste, Geschmacksänderungen, Einfluß des Paraffinierens und des Einfrierens. (Zeitschr. f. d. ges. Kälte-Industrie 1906, Heft 11, S. 208.)

Untersuchung über die bakteriologische Wirkung der Röhrenluftkühlapparate auf dem städtischen Schlachthofe zu Bonn. Von Dr. Tiede. (Zeitschr. f. d. ges. Kälte-Industrie 1906, Heft 12, S. 221.)

Théorie général des machines frigorifiques. (La glace et les industries du froid 1906, Heft 9.)



Physik und Chemie.

Die Temperatur fester Kohlensäure und ihrer Mischungen mit Äther und Alkohol bei verschiedenen Drucken. Von John und Anthony Zeleny. (Phys. Zeitschr. 1906, Heft 7. S. 716—719.) Verfasser bestimmten die Temperaturen, die mit verschiedenen Kältemitteln erzielt werden können. Zur Anwendung kamen: trockener Kohlensäureschnee, Mischung von absolutem Alkohol und Kohlensäureschnee. Mischung von Äther und Kohlensäureschnee. Die Temperatur aller drei Mittel war übereinstimmend, wenn sie in einem tiefen Gefäß untergebracht waren, so daß sie ihr eigener Dampf umgab. Dann waren die Unterschiede bei gleichem Barometerstand nicht größer als 0,02° C. Am besten eignet sich jedoch das Ätherkohlensäuregemisch zur Erzielung einer gleichförmigen Temperatur. Die Versuche wurden auch in Dewarschen Gefäßen angestellt; selbst bei niedrigem Druck verdampfen darin die Kältemittel nur langsam. Es läßt sich deshalb so jede Temperatur längere Zeit aufrecht erhalten. Von den Temperaturen, die mit fester Kohlensäure und ihren Mischungen mit Alkohol und Äther bei verschiedenen Drucken erhalten wurden, seien eine Anzahl angeführt:

Druck in mm Hg	Temperatur, in ° C.	Druck in mm Hg	Temperatur in ° C.
20	—116.7	480	—84.10
100	—101.1	520	—83.10
220	— 93.2	600	—81 40
260	— 91.3	680	—79.76
300	— 89.7	740	—78.68
380	— 87.0	780	—78.—
420	— 85.8	840	—77.—

Mit fester Kohlensäure läßt sich demnach jegliche Temperatur zwischen —77° und —117° einhalten.



Pressluft-Industrie.

Lufthammerbohrmaschinen. Von E. A. Rix. (Mines and Minerals 26, S. 393.)

Pneumatische Kohlenbohrmaschinen und -Geräte. Von W. Lynch. (Eng. and Min., J. 81, S. 854.)

Das Spalten des Granits mittels Preßluft. (Eng. and Min., J. 81, S. 948.)

Preßluftpumpe mit Wasserheizung für den Erhitzer. Von L. C. Bayles. (Eng. and Min., J. 81, S. 747.)

Luftkompressoren auf den Gruben Champion und Mohawk. (Eng. and Min., J. 81, S. 407.)

Kupplungsvorrichtung für Schlangenbohrer. Von L. Christ und C. Georg. D. R.-P. (5b) 168403. (P. Auszüge 1906, S. 734.)

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.

Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.

Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete
herausgegeben von
Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler,** Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 5. **Februar 1907.** **X. Jahrgang.**

Die **„Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie“** erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar,** die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Zur gefl. Beachtung! Mit Beginn des neuen Jahrgangs sah sich zu unserem großen Bedauern der Gründer und langjährige Herausgeber unserer Zeitschrift infolge zu starker anderweitiger Inanspruchnahme veranlaßt, die Schriftleitung niederzulegen. Was Herr Dr. Altschul für die Förderung des Gebietes der komprimierten und flüssigen Gase geleistet hat, davon zeugen die neun Bände, die unter seiner Leitung erschienen sind und wir freuen uns ihn auch ferner unsern Mitarbeiter nennen zu dürfen.

Die Übernahme der Redaktion einer anderen Zeitschrift ermöglicht es nun auch unserem ständigen Mitarbeiter Herrn Dr. Ing. Heinel, Privatdozenten a. d. Techn. Hochschule in Charlottenburg nicht mehr, uns seine Unterstützung zu leihen. Herr Dr. Heinel hat sich besonders um die Förderung des Preßluftwesens in unserer Zeitschrift verdient gemacht. So sehr wir nun sein Ausscheiden bedauern, so wird dadurch doch nicht eine Vernachlässigung des betreffenden Gebietes eintreten, vielmehr setzt uns die Erwerbung einer Anzahl neuer sachkundiger Mitarbeiter in den Stand, alle bisher behandelten Gebiete aufs eifrigste zu fördern.

Wir möchten nicht versäumen, den beiden ausgeschiedenen Herren auch an dieser Stelle für die langjährige treue Arbeit an unserer Zeitschrift unseren aufrichtigsten Dank zu sagen.

Herausgeber und Verleger.

Inversionstemperatur der Joule-Thomson'schen Erscheinung für Luft und für Stickstoff.

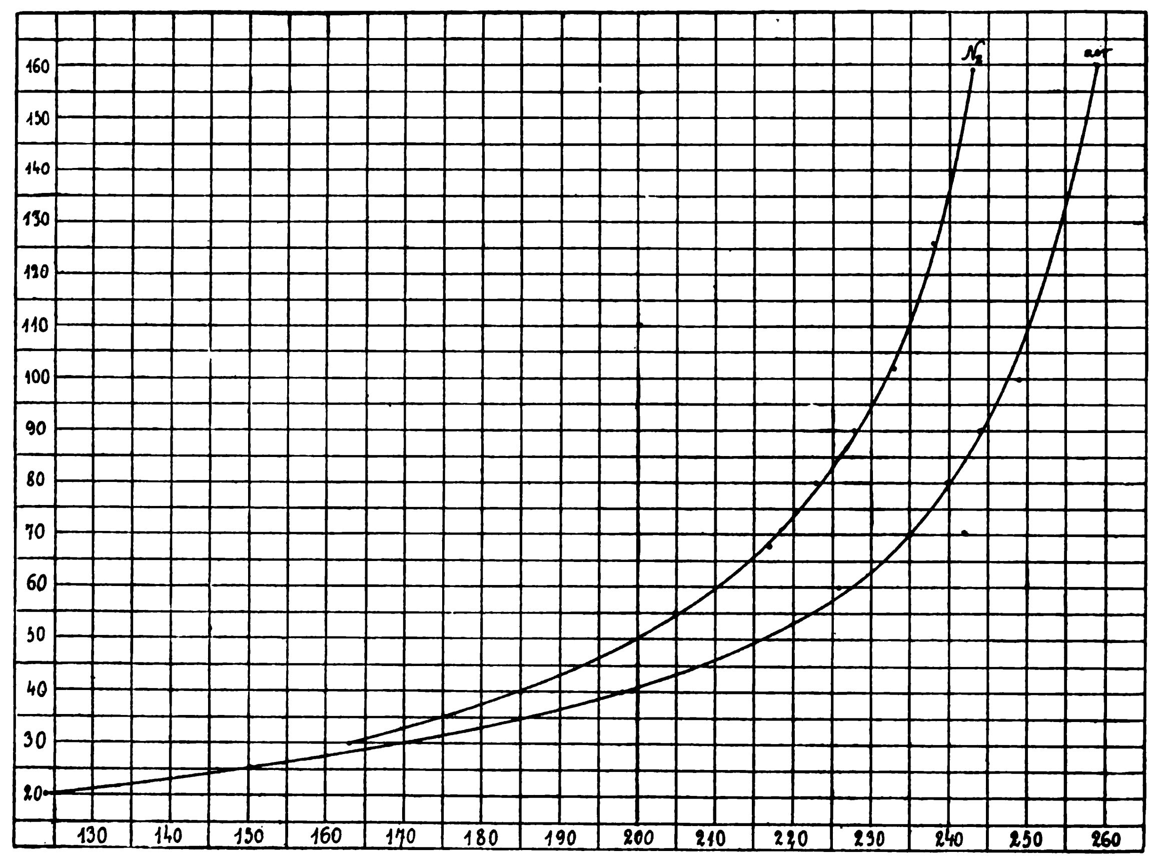
Von Prof. **K. Olszewski**-Krakau.

(Mit gütiger Erlaubnis aus dem „Bulletin Intern. de l'Acad. des Sciences de Cracovie“, Novembre 1906.)

Die Thermodynamik verlangt bekanntlich von einem idealen Gase, daß es bei der ohne äußere Arbeitsleistung erfolgenden Entspannung, also beim Strömen unter Abdrosselung des Drucks keine Temperaturänderung erleidet. In Wirklichkeit erfüllen aber alle Gase diese Bedingung nicht. Die arbeitsfreie Expansion ist stets von einer Temperaturänderung begleitet. Diese Erscheinung wurde zuerst von Joule und Thomson (jetzt Lord Kelvin) beobachtet und nach ihnen der Joule-Thomsonsche Effekt genannt. Dieser Effekt macht sich aber durchaus nicht immer in einer Abkühlung des strömenden Gases geltend. Eine Abkühlung zeigen unter gewöhnlichen Bedingungen Luft, Sauerstoff, Stickstoff. Ihr Verhalten konnte bekanntlich darum zur Verflüssigung dieser Gase benutzt werden (Linde, Hampson und Nachfolger). Die Erscheinung kann sich auch in einer Erwärmung äußern. Dieses Verhalten zeigt der Wasserstoff. Die Größe und Richtung der Temperaturänderung ist jedoch nicht konstant, sondern von der Temperatur abhängig, bei der der Vorgang erfolgt. So wird beim Wasserstoff mit sinkender Temperatur die Erwärmung immer kleiner und geht schließlich in eine Abkühlung über. Ein ähnliches Verhalten zeigen bei anderen Temperaturen die übrigen Gase. Es ist natürlich, daß die Kenntnis dieser Verhältnisse für die Verflüssigung der Gase von großem Werte ist, besonders auch die Kenntnis der Temperatur, unterhalb deren der Joule-Thomson'sche Effekt sich in einer Abkühlung äußert, die wir als die „Inversionstemperatur“ der Erscheinung bezeichnen.

In meiner vor 5 Jahren veröffentlichten[1]) Arbeit habe ich die Inversionstemperatur der Joule-Kelvinschen Erscheinung für Wasserstoff zu − 80·5° bestimmt; diese Zahl hat für mich nachher bei dem Bau von Verflüssigungsapparaten[2]) für dieses Gas ausschlaggebend gewirkt.

Diese Abhandlung hat auch die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gelenkt, und sie diente A. W. Porter[3]) als Ausgangspunkt für eine theoretische Arbeit, die eine Untersuchung der Exaktheit der van der Waalsschen und Dietericischen Zustandsgleichungen auf grund der von



mir gefundenen Inversionstemperatur bezweckte. Wegen der großen theoretischen Wichtigkeit solcher Bestimmungen habe ich mich entschlossen, ähnliche Messungen auch für andere Gase durchzuführen, vor allem für Luft und deren Hauptbestandteile. Bis jetzt habe ich die Versuche über die Inversionstemperaturen für Luft und für Luftstickstoff zum Abschluß gebracht, und erlaube mir die Ergebnisse in einer kurzen Notiz zu veröffentlichen, wobei ich mir eine eingehende Beschreibung der Versuchsanordnung und der Apparate für eine spätere Mitteilung vorbehalte. Ich bemerke bloß, daß der gebrauchte Apparat im Prinzip von dem vor 5 Jahren von mir verwendeten nicht differierte, aber angesichts der hohen Temperatur (bis 300°), bei welcher die Versuche mit Luft und mit Stickstoff angestellt werden mußten, beträchtliche Änderungen sowohl in Einzelheiten wie in den Ausmaßen erfuhr.

Da Witkowski bereits 1898[1]) und Porter (l. c.) in diesem Jahre auf grund theoretischer Erwägungen zu der Ansicht kamen, daß die Inversionstemperatur der Joule-Kelvinschen Erscheinung für Gase wahrscheinlich eine Funktion des Druckes ist, habe ich bei den jetzigen Versuchen spezielle Aufmerksamkeit den Anfangsdrucken der einer nicht umkehrbaren Entspannung unterworfenen Gase zugewendet.

Der Apparat wurde in einem Ölbade erwärmt; behufs Temperaturmessung kam ein hoch-

[1]) K. Olszewski, Bull. Acad. Crac. 1901, (453). Ann. d. Phys. 7. 818. 1902.

[2]) K. Olszewski, Bull. Acad. Crac. 1902, (625) und 1903, (241). Z. f. kompr. u. flüssig. Gase 1903; 9, 25, 68.

[3]) A. W. Porter, Phil. Mag. Ser. [6], 11, (554), 1906.

[1]) A. W. Witkowski, Bull. Acad. Crac. 1898, (282).



gradiges Quecksilberthermometer zur Anwendung; um aber die kleinen Temperaturdifferenzen, welche bei der Gasentspannung auftreten, zu bestimmen, bediente man sich eines Eisen-Konstanten-Thermoelements, dessen Empfindlichkeit etwa 0.2° für 1 mm Galvanometerausschlag (an der Skala gemessen) betrug.

Das bis auf den Anfangsdruck p komprimierte Gas wurde einer Entspannung bis zu einer Atmosphäre unterworfen; der Versuch wurde unter diesen Umständen mehrmals wiederholt, wobei die Temperatur des Gases allmählich von + 300° nach abwärts geändert wurde. Oberhalb einer gewissen Temperatur t_i zeigte das Thermoelement eine Erwärmung des Gases, unterhalb derselben eine deutliche Abkühlung an, und bei der Temperatur t_i selbst war der integrale Effekt der Joule-Kelvinschen Erscheinung gleich Null.

In nachstehender Tabelle sind die Werte der Anfangsdrucke p (in kg auf 1 cm²) und die ihnen entsprechenden Inversionstemperaturen t_i angegeben.

Luft		Stickstoff	
p	t_i	p	t_i
160	+259°	159	+243°
100	249	126	238
90	244	102	233
80	240	90	228
70	235	80	223
60	226	68	217
40	198	55	205
20	124	30	163

In nebenstehender Figur wurden die Versuchsergebnisse als Punkte eingetragen, welche als Ordinaten die Anfangsdrucke p (kg auf 1 cm²) und als Abszissen die entsprechenden Inversionstemperaturen t_i besitzen. Durch Verbinden dieser Punkte erhält man eine Kurve, welche die Abhängigkeit der Inversionstemperaturen der untersuchten Gase von den Anfangsdrucken ausdrückt. Der Verlauf der Kurven bestätigt vollauf die Annahme von Witkowski und von Porter, daß die Inversionstemperaturen Funktionen des Druckes sind. Die Werte der Inversionstemperaturen für Luft, berechnet von Witkowski nach der empirischen Formel von Rose-Innes (+ 360°) sowie auf Grund der Formel von van der Waals (+ 500°), sind zwar recht hoch, wenn man sie mit den von mir erhaltenen vergleicht; man muß aber berücksichtigen, daß der letzte Wert unter Annahme einer kleinen (1 Atm.) Druckdifferenz berechnet wurde, wogegen meine Zahlen sich auf den integralen Wert der Joule-Kelvinschen Erscheinung beziehen, bei Entspannung eines Gases von hohem Drucke bis zu 1 Atm.

Schließlich möchte ich auf den Zusammenhang hinweisen, welcher zwischen dem Verlauf der Kurve für Luft und zwischen der Verflüssigung dieses Gases in Gegenstrom-Apparaten zu bestehen scheint. Mittels des von mir 1902[1]) beschriebenen Apparates, dessen ich mich behufs Demonstration der Verflüssigung der Luft bei Vorlesungen zu bedienen pflege, kann man sich leicht überzeugen, daß die Verflüssigung bloß so lange stattfindet, bis der Anfangsdruck nicht unter 80 Atm. sinkt; eine weitere Entspannung von Drucken, die niedriger sind als 80 Atm., ist ganz erfolglos. Aus der beigefügten Figur kann man ersehen, daß eben an der dem Drucke von 80 Atm. entsprechenden Stelle die Kurve eine starke Biegung aufweist und daß an dieser Stelle eine plötzliche Abnahme der Inversionstemperatur eintritt, wodurch auch der Kühlungseffekt rasch abnimmt, da die Luft sich dann immer mehr in dieser Hinsicht dem Wasserstoff nähert, dessen Inversionstemperatur sehr tief liegt.

I. Chemisches Institut der Jagellonischen Universität, Krakau.



Über Messungen sehr tiefer Temperaturen.*)

Der Ausdehnungskoeffizient des Jenenser und Thüringer Glases zwischen + 16° und — 182° C,

von Prof. Dr. H. Kamerlingh-Onnes und Dr. W. Heuse.

§ 1. Allgemeines und Versuchsanordnung.

Für die Messungen sehr tiefer Temperaturen wurde als Normalthermometer das Wasserstoffthermometer genommen. Um nun bei der Messung mit diesem einen möglichst hohen Grad der Genauigkeit zu erhalten ist, es nötig, den Ausdehnungskoeffizienten des Jenenser Glases 16^{III} auf 1% genau zu kennen. Es wurden da-

*) Vgl. d. Zeitschr. IX, 1, 19, 35, 56, 72, 88, 163, 187.

[1]) K. Olszewski, Bull. Acad. Crac. 1902, (623), Zeitschr. f. kompr. u. flüssige Gase 1903, 9, 25, 88.

her die zwei Koeffizienten der quadratischen Gleichung für die lineare Ausdehnung des Glases unter 0° C bestimmt, wobei gleichzeitig dieselbe Bestimmung für Thüringer-Glas ausgeführt wurde. Die Anordnung für die Messungen war so getroffen, daß eine Genauigkeit von $^1/_{300}$ erreicht wurde.

Allgemein ist es für die Bestimmung der Ausdehnung bei sehr tiefen Temperaturen erforderlich, einerseits die lineare Ausdehnung der festen Körper und anderseits die absolute Ausdehnung der bis zu den tiefen Temperaturen noch flüssig bleibenden Substanzen, wie z. B. Pentan, zu bestimmen. Die Bestimmung der relativen Ausdehnung der gewählten Flüssigkeit kann dann als Kontrolle und Ausgangspunkt für weitere Messungen dienen. Die nachfolgende Beschreibung der Messungen zeigt, daß für die Praxis derselbe Apparat auf fast dieselbe Weise auch für die Bestimmung der absoluten Ausdehnung des Pentans benutzt werden kann.

Die zwei Koeffizienten a und b in der Formel $L = L_0 (1 + at + b + t^2)$ für die lineare Ausdehnung wurden für die oben angeführten zwei Glassorten je für sich aus drei Beobachtungen bestimmt, die bei gewöhnlicher Temperatur, bei ungefähr $-90°$ C und bei ungefähr $-180°$ C vorgenommen wurden.

Jeder der in einer senkrecht stehenden Glasröhre eingeschlossenen Glasstäbe war an seinem Ende zu einer feinen Spitze ausgezogen, die durch ein Mikroskop genau beobachtet werden konnte, wobei die Enden der Glasstäbe oben und unten aus der zylindrischen Röhre herausragten. Die Röhre wurde dann mit einem flüssigen Gase, das die geforderte Temperatur gibt, gefüllt. Besondere Sorgfalt ist darauf zu wenden, daß die Spitzen so weit als möglich auf der Temperatur der umgebenden Luft erhalten werden und daß auch die Luft zwischen diesen Spitzen und den Objektiven der Mikroskope dieselbe Temperatur hat. Die Länge der Glasstäbe wird dann unmittelbar durch ein Kathetometer bestimmt.

Obwohl diese Methode eine bequeme Bestimmung der Längen ergibt, so benötigt sie doch ein beträchtliches Temperaturgefälle zwischen der Mitte und den Enden der Glasstäbe. Um die Korrektionsgrößen hierfür zu bestimmen, wurde um die Glasstange ein gleichmäßig starker Platindraht gewickelt, wobei angenommen ist, daß die Änderung des Wider-

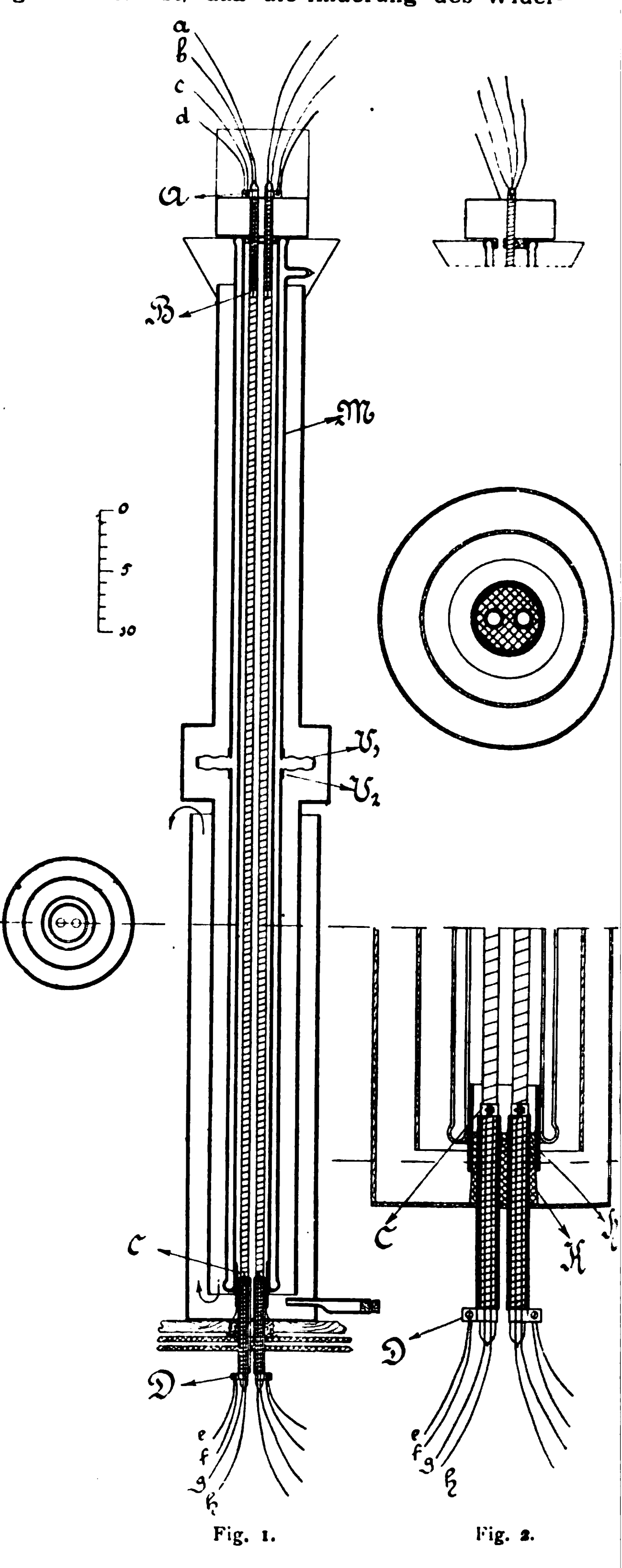


Fig. 1. Fig. 2.

standes des auf diese Weise um den Glasstab gelegten Drahtes nahezu proportional der mittleren Temperaturänderung der Glasstange ist (vergl. § 3).

Die Glasstäbe hatten bei einem Durchmesser von 5 mm eine Länge von ungefähr 1 m. Um diese waren 0,1 mm starke Platindrähte spiralförmig aufgewickelt und an Messingringen A, B, C und D (s. Figur 1) angelötet, die ihrerseits wieder mit Schrauben an den Glasstäben befestigt waren. Auf dem Teile B und C, der in flüssiges Gas eingetaucht war, waren 140 Windungen mit einer Steigung von ungefähr 0,5 cm vorgesehen, während zwischen den Teilen A und B, bezw. C und D, in welchen die Temperatur rasch wechselt, 25 bezw. 40 Windungen mit einer Steigung von 0,25 cm angeordnet waren. Besonders sorgfältig wurde darauf geachtet, daß die Steigungen in den einzelnen Teilen konstant war. An den Stellen A, B, C und D waren Platindrähte a, b, c, d, e, f, g, und h von 15 cm Länge und 0,5 mm Durchmesser paarweise angelötet, wobei deren andere Enden mit Kupferdrähten verbunden waren. Zur Vermeidung von Isolationsfehlern lagen die Drahtwindungen in Schellack, worauf sie noch zum Schutze mit einer Schicht Seidenpapier umwickelt waren. Die Teile von A nach B und C nach D waren von auf einander liegenden Schichten von Fischleim und Papier bis zu einer Dicke von 0,25 cm eingehüllt, damit die Temperaturverteilung der ganzen Stange entlang so gleichmäßig wie möglich sei. Damit bei dem Abkühlen diese Schichten sich zusammenziehen konnten, waren nur die Enden der Papierstreifen zusammengeklebt. Dieser Schutz wurde sowohl für flüssiges Stickstoffoxydul als auch für flüssigen Sauerstoff als hinreichend gefunden.

Das flüssige Gas wurde in eine doppelwandige Vakuumröhre gebracht, deren Form von der sonst üblichen dadurch abwich, daß die Röhre an den beiden Enden offen war, wobei diese durch Kautschukpfropfen verschlossen werden konnten. Da die Röhre durch die verschiedene Ausdehnung der inneren und äußeren Wandung, auch wenn letztere kugelförmige Ausbuchtungen aufweist, sehr leicht zerbrechen kann, so wurde, um dies zu vermeiden, die äußere Wandung durch ein eingeschaltetes Messinggehäuse, das ein Zusammendrücken oder eine Ausdehnung von 2 mm gestattete, unterbrochen. Dieses Gehäuse war mit den zuerst platinierten und dann verkupferten Glaswandungen verlötet. Die so erhaltene Vakuumröhre wurde versilbert und dann in gewöhnlicher Weise luftleer gemacht. Bei der zuerst getroffenen Anordnung war der obere Teil der Röhre frei, damit die Oberfläche der Flüssigkeit beobachtet werden konnte. Bei späteren Anordnungen wurde jedoch ein Schwimmer vorgezogen. Wie leicht durch Spannungen derartige Röhren zerbrechen können, zeigt folgendes Beispiel. Wenn man den den Boden der Röhre bildenden Kautschukpfropfen zu weit in die Röhre stößt und man füllt hierauf flüssigen Sauerstoff ein, so wird der Kautschuk hart, ehe er die Temperatur der Flüssigkeit erreicht hat, während das Glas unmittelbar über ihm diese Temperatur bereits angenommen hat, so daß demzufolge der untere Rand wegbricht. Es wurde daher die Verbindung zwischen Rohr und Pfropfen dadurch elastischer gemacht, daß ein aus mehreren zusammengeleimten Streifen hergestellter Papierring zwischen diese Teile gelegt wurde. (cf. H Fig. 2.) Auf diese Weise wurde ein elastischer und doch dichter Verschluß erreicht, so daß keine Flüssigkeit nach unten zu dem Ablesepunkt entweichen und als kalter Dampf die Gleichmäßigkeit der Temperaturverteilung an den unteren Enden der Glasstangen stören konnte. Um die Ablesepunkte trocken zu halten, wurde ein Luftstrom gegen diese geblasen. Oben waren die Glasstangen seitlich gestützt, so daß keine Spannungen in ihnen entstanden. Außerdem waren sie von den von dem Bade aufsteigenden kalten Dämpfen dadurch geschützt, daß sie in der aus Figur 1 ersichtlichen Weise mit Kartonpapier umgeben waren, wobei die Anordnung so getroffen war, daß auch die Außenfläche der Vakuumröhre gekühlt wurde. Die kalten Gase und die abgekühlte Luft wurden dann über verschiedene Papierschirme geleitet, so daß sie nicht in die Nähe des Kathetometers oder der Normalskala kommen konnten, und die Luft zwischen diesen und den Spitzen der Glasstäbe dieselbe Temperatur beibehielt. Am Anfange wurde die Flüssigkeit durch eine in dem oberen Pfropfen angebrachte Öffnung tropfenweise und

dann erst in kleineren Mengen eingebracht. Ist das Bad ganz gefüllt, so wird neue Flüssigkeit in kleineren Mengen beständig zugeführt, damit der Spiegel der Flüssigkeit auf demselben Niveau bleibt. Die bei den Untersuchungen angewandten Flüssigkeiten waren möglichst reines Stickstoffoxydul und Sauerstoff. Es besteht kein Zweifel darüber, daß in beiden Fällen die Temperatur oben und unten in dem Bade verschieden ist; dies ist aber belanglos, da für die Bestimmung nur die mittlere Temperatur, die durch den Widerstand des Platindrahtes gegeben ist, in Frage kommt.

Die Skala für das Kathetometer war sorgfältig in Wolle und Papier eingehüllt, um sie vor Temperaturänderungen zu bewahren, wobei deren Temperatur durch zwei in $^1/_{10}{}^\circ$ eingeteilte Thermometer bestimmt wurde, während man die Raumtemperatur so weit als möglich konstant erhielt. Die Fernrohre waren mit Mikroskopen für eine Entfernung von 10 cm ausgerüstet. In diesem Falle entsprach eine Umdrehung der Kopfscheibe des Mikrometers (in 100 Teile geteilt) einer Länge von 60 bis 70 μ. Die Libelle an dem Fernrohr war genau kalibriert und es entsprach einem Teilstriche der Libelle eine Länge von 4 bis 6 μ, wobei die Ungenauigkeit in der Ablesung weniger als 0,2 Teilstriche oder ungefähr 1 μ betrug.

Die an den Enden eines jeden Meßdrahtes AB, usw. angeschlossenen doppelten Leitungsdrähte a, b, c usw. waren mit elf Quecksilbermenisken eines Umschalters verbunden, durch die sie paarweise mit den Drähten der Wheatstone'schen Brücke verbunden werden konnten. Durch das Messen von:

$$w_1 = a + AB + b$$
$$w_2 = c + AB + d$$
$$w_3 = a + c$$
$$w_4 = b + d$$

kann der Widerstand des Drahtes AB

$$w_t = \frac{w_1 + w_2 - w_3 - w_4}{2}$$

bestimmt werden. Das mit einer Skala versehene Galvanometer hatte einen Widerstand von 6 Ω und eine Empfindlichkeit von $2{,}5 \times 10^{-7}$. Thermoelektrische Kräfte in den Kupfer- und Platinleitungen waren nicht zu vermeiden, doch waren diese sehr gering und konnten eliminiert werden.

§ 2. **Übersicht einer Bestimmung.**

Eine vollständige Bestimmung umfaßt das Einstellen der Mikroskope auf die Normalskala, das Ablesen der Thermometer, wie auch die verschiedenen Bestimmungen der Widerstände zwischen A und B, B und C, C und D. Die zunächst ausgeführte Messung der Länge des Jenenser Glasstabes in flüssigem Sauerstoff ergab sich zu 1011,401 mm bei einer mittleren Temperatur der Normalskala von 16.55° C.[1])

Da die Bestimmung der Widerstände nichts neues aufweist, so genügt es, die endgültigen Resultate als Mittelwerte verschiedener, gleichzeitig berichtigter Messungen anzugeben.

Tabelle I
für Jenenser Glas (16 III).

	t°	0°
w_{AB}	4,82	6,29
w_{BC}	8,77	33,95
w_{CD}	4.37	10,17

Für die Berechnung der Temperaturen wurden folgende Annäherungsformeln, die nach früheren Untersuchungen für Platindraht erhalten wurden, benützt:

$$w_t = w_0 (1 + 0{,}003864\,t - 0{,}0_5103\,t^2);$$

woraus $t_{BC} = -182{,}_{99}{}^\circ$.

Die Berechnung der Temperaturen der aus der Vakuumröhre herausragenden Teile aus den Werten für W_{AB} und W_{CD} wird weiter unten in § 3 angegeben.

In den folgenden Tabellen sind die endgültigen Resultate aller Bestimmungen angeführt, wobei als Normallänge die Länge der Normalskala bei 16° C angenommen ist. Die vierte Kolumne L (16°) stellt die demgemäß reduzierte Länge des Glasstabes dar. Als Ausdehnungskoeffizient des Messings zwischen 16° und 17° C ist die Zahl $17{,}8 \times 10^{-6}$ angenommen.

Über die Bedeutung der in der letzten Kolumne angegebenen Werte gibt der § 3 Aufschluß.

§ 3. **Untersuchung der Messungen.**

In § 1 wurde bereits bemerkt, daß die mittlere Temperatur des Platindrahtes, der um den Teil BC der Glasstange gewickelt ist, mit genügender Genauigkeit gleich der mittleren

[1]) Es erübrigt sich die einzelnen Größen der Ablesung des Kathetometers und der diesbezüglichen Korrektionen, aus denen diese Länge bestimmt ist, hier anzugeben.



Temperatur dieses Teiles der Glasstange gesetzt werden kann. Besondere Beachtung ist aber der Beziehung zwischen den Temperaturen an den Enden AB und CD und den bestimmten Widerständen zu schenken.

Es sei angenommen, daß der Flüssigkeitsspiegel bis zur Stelle λ (Fig. 3) reicht, so daß der obere Teil von AB außerhalb der Flüssigkeit liegt. Man kann dann annehmen, daß für die Länge λ der Stab die Temperatur des Bades hat. Der Widerstand des Drahtes zwischen B und λ ist dann $w_t = w_0(1+pt+qt^2)$, wenn t die Temperatur des Bades bedeutet.

Da die Stelle bei A feucht und gerade frei von Eis war, so kann man annehmen, daß daselbst die Temperatur 0° C beträgt. Da außerdem die Glasstäbe gut von Papier umgeben sind, dessen Leitfähigkeit ungefähr $^1/_{100}$ von der des Glases ist, so kann angenommen werden, daß sich die Temperatur zwischen λ und L linear ändert, oder mit anderen Worten, daß die Wärmeleitung nach außen im Vergleich zur Wärmeleitung des Glases selbst vernachlässigt werden kann. Vernachlässigt man noch die Wärmeleitung des Platindrahtes, so ist der Widerstand eines Drahtelementes zwischen λ und L wdx

Fig. 3.

wobei $w = w_0(1+pt_x+qt_x^2)$ und der Gesamtwiderstand

$$\int_{x=\lambda}^{x=L} w\,dx \text{ ist.}$$

Ferner ist für x zwischen o und λ: $t_x = t_1$

Tabelle II. Jenenser Glas (16^{III}).

Nr. des Versuches	Temperatur der Normalskala	Länge L_T	reduz. Länge $L_{(16°)}$	W_t		W_0	Temperatur der Flüssigkeit ϑ	
1.	15,58	1012.594	1012,587	oben	6,66	6.29		
	63	595	588	Mitte	36,04	33,95	16,03	
	69	593	587	unten	10,66	10,17		
2.	17,74	1011,834	1011,865	oben	5,10	6,29		$\lambda_s = 5,61$
	17,82	836	868	Mitte	22,15	33,95	−87,87	
	18,00	844	880	unten	6,98	10,17		$\lambda_i = 78,1$
3.	18,32	1011.827	1011,868	oben	5,01	6,29		$\lambda_s = 9,86$
	41	815	858	Mitte	22,13	33,95	−87,87	
				unten	6,91	10,17		$\lambda_i = 82,0$
4.	16,68	1012,567	1012,579	oben	6,68	6,29		
	68	573	585	Mitte	36,09	33,95	16,41	
				unten	10,72	10,17		
5.	16,08	1011.408	1011,409	oben	4,82	6,29		$\lambda'_s = 2,18$
	13	411	413	Mitte	8,77	33,95	−182,99	
	17	406	409	unten	4,37	10,17		$\lambda_i = 51,0$
6	16.38	1011,407	1011,414	oben	4,68	6,29		$\lambda'_s = 18,3$
	55	401	411	Mitte	8,77	33,95	−182,99	
				unten	4,34	10,17		$\lambda_i = 52,8$
7.	17,30	1012,565	1012,588	oben	6,70	6.29		
	49	567	594	Mitte	36,12	33,95	16,64	
				unten	10,66	10,17		

Tabelle III. Thüringer Glas (Nr. 50).

Nr. des Versuches	Temperatur der Normalskala	Länge L_T	reduz. Länge $L_{(16°)}$	W_t		W_0	Temperatur der Flüssigkeit ϑ	
1.	15,12	1013,107	1013,091	oben	6,47	6,12		
	44	108	098	Mitte	36,53	34,53	15,08	
				unten	10,21	9,68		
2.	17,08	1012,244	1012,263	oben	4,59	6,12		$\lambda = 26,6$
	33	238	262	Mitte	22,55	34,53	−87,71	
	37	239	263	unten	6,51	9,68		$\lambda = 85,4$
	35	240	264					
3.	16,68	1013,083	1013,098	oben	6,52	6,12		
	68	088	100	Mitte	36,70	34,53	16,36	
				unten	10,23	9,68		
4.	17,04	1011,744	1011,763	oben	3,81	6,12		$\lambda = 1,0$
	12	748	768	Mitte	8,95	34.53	−182,79	
	19	740	761	unten	5,29	9,68		$\lambda = 25,9$
	25	738	760					
5.	16,56	1013.095	1013,105	oben	6,46	6,12		
	67	098	110	Mitte	36,60	34,53	15,61	
				unten	10,18	9,68		

zwischen λ und L: $t_x = t - \frac{t}{L-\lambda}(x-\lambda)$ und für $x = L$: $t_x = 0$ so daß:

$$W_{AB} = W_{(AB)_0} \frac{L}{\lambda}(1 + pt + qt_2) +$$

$$+ \int_{x=\lambda}^{x=L} W_{(AB)_0} \frac{1}{L}\left[1 + p\left(t - \frac{t}{L-\lambda}(x-\lambda_1)\right) - q\left(t - \frac{t}{L-\lambda}(x-\lambda_1)\right)^2\right] dx$$

Aus dieser Gleichung kann λ ermittelt werden. Es zeigt sich hierbei, daß ohne Einwand anstelle der quadratischen Gleichung der lineare Teil derselben benutzt werden kann. Für den ungünstigsten Fall (bei N_2O) erhält man bei Anwendung der quadratischen Gleichung für $\lambda = 8{,}4$ cm, bei der linearen Gleichung $\lambda = 9{,}0$ cm. Der hierdurch bedingte Unterschied in der Bestimmung der Länge beträgt in diesem Falle weniger als 1 μ.

Um den Einfluß der verschiedenen Annahmen der Temperaturverteilung in dem Stabe zu bestimmen, wurde die Längenänderung berechnet, welche auftreten würde, wenn die Temperatur von O bis λ $-87°$ C und von λ bis L 0° C ist. Die Längenänderung war kaum 1 μ, lag also innerhalb der Genauigkeitsgrenzen.

Die Fehler können mit Hilfe der Formel $a = \frac{L_t - L_{t_1}}{L_t} \cdot \frac{1}{t - t_1}$ ermittelt werden. -- Die Genauigkeit für die Ablesung des Kathetometers kann zu 2 μ angenommen werden. Dies gibt $da = 2 \times 10^{-8}$. Für die mittlere Temperatur des Teiles BC ist der Fehler sicher kleiner als 0,5° C, so daß $da = 1{,}5 \times 10^{-8}$. Der Fehler für die Enden wurde zu 1 μ gefunden. Es ist also ein größerer Fehler als $da = 4 \times 10^{-8}$ nicht zu erwarten.

§ 4. Die endgültigen Resultate.

Für die beobachteten Längen L_{tNO_2} bei der Temperatur t_{NO_2} in Stickstoffoxydul, L_{tO_2} in Sauerstoff und $L_{t_{60}}$ bei gewöhnlicher Temperatur erhält man drei Gleichungen.

$$L_{tNO_2} = (L_{BC_0} + \lambda_i + \lambda_5)(1 + at_{NO_2} + bt^2_{NO_2}) + L_{4_0} + L_{5_0} + (L_{s_0} - \lambda_s + L_{i_0} - \lambda_i)\left(1 + \frac{1}{2}at_{NO_2} + \frac{1}{3}bt^2_{NO_2}\right)$$

und zwei analoge Gleichungen für L_{tO_2} und L_{t^0}, wobei $L_{BC_0} = 840$, $L_{i_0} = 97$, $L_{5_0} = 59$ für Jenenser Glas und $L_{BC_0} = 834$, $L_{i_0} = 96$, $L_{s_0} = 60$ für Thüringer Glas ist. Für L_{BC_0} (der Länge der Teile BC bei 0° C), L_{i_0}, L_{s_0} (die Länge der Teile CD und AB) sind ungefähre Werte angenommen. Die genauen Werte von L_{4_0} und L_{5_0} entsprechend den Längen der über A und D hinausragenden Spitzen ergeben sich aus den Gleichungen $L_{4_0} + L_{5_0} = 16{,}587$, bezw. $L_{4_0} + L_{5_0} = 23{,}095$ für Jenenser bezw. für Thüringer Glas. Weiterhin ist für:

Jenenser Glas 16III

$L = L_0(1 + at + bt^2)$

$V = V_0(1 + k_1t + k_2t^2)$

$a = 7{,}74 \cdot 10^{-6}$; $b = 0{,}00882 \cdot 10^{-6}$

$k_1 = 23{,}21 \cdot 10^{-6}$; $k_2 = 0{,}0265 \cdot 10^{-6}$.

Thüringer Glas (No. 50)

$a = 9{,}15 \cdot 10^{-6}$; $b = 0{,}0119 \cdot 10^{-6}$

$k_1 = 27{,}45 \cdot 10^{-6}$; $k_2 = 0{,}0357 \cdot 10^{-6}$.



Wissenschaftliche und technische Mitteilungen.



Über den Betrieb von Luftkompressoren. Einige nützliche Winke für den rationellen Betrieb von Luftkompressoren gibt das bekannte Fachblatt „Mines and Minerals". Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß zur Schmierung des Zylinders nur bestes Zylinderöl mit hohem Entflammungspunkt genommen werden sollte. Unter keinen Umständen darf geduldet werden, daß Petroleum, Kerosin oder leichte Öle in den Zylinder gebracht werden. Wenn einmal eine besonders große Menge Schmiermaterial nötig sein sollte, so nimmt man dazu vorteilhafterweise Seifenwasser und pumpt dasselbe mittelst der Ölpumpe ein.

Die Druckventile müssen stets gut dicht gehalten werden. Um die Dichtheit derselben beobachten zu können, ist die häufige Benutzung des Indikators sehr zu empfehlen. Abgesehen von den wertvollen Rückschlüssen, die die gewonnenen Diagramme auf den Lauf der Maschine selbst gestatten, wirkt die häufige Entnahme derselben auch günstig auf das Maschinenpersonal, insofern, als dasselbe sich dadurch unter steter Kontrolle fühlt und natur-

gemäß seine Pflicht sorgfältiger tut. Neben diesen Untersuchungen des Arbeitsvorganges mittelst des Indikators muß natürlich auch eine häufige Inspektion der Ventile selbst einhergehen. Hierbei ist namentlich darauf zu achten, daß sie stets rein sind und daß sich insbesondere keine nennenswerten Mengen Staub oder Öl angesammelt haben. Auch auf Ansammlungen von Wasser muß geachtet werden und es ist namentlich allen Stellen, wo sich solche Rückstände von Öl oder Wasser erfahrungsgemäß leicht bilden, besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Auch das Thermometer muß fleißig benutzt werden, da es ebenfalls ein Instrument ist, das in manchen Fällen die rechtzeitige Erkennung von Schäden mühelos ermöglicht. Wenn die Temperatur des Zylinders 200° erreicht, so ist Gefahr im Anzuge, und es ist notwendig, daß die Ursachen für die hohe Temperatur schleunigst beseitigt werden. Das nächste ist, daß man die sämtlichen Kühlleitungen genau prüft und dann auch die übrigen Teile der Maschine untersucht. Jeder dabei gefundene Schaden muß natürlich sofort beseitigt werden.

Ein Kompressor mag noch so gut konstruiert und noch so tadellos ausgeführt sein, wenn die Wartung nicht gut ist, so ist ein einwandfreies dauerndes Arbeiten von ihm nicht mit Sicherheit zu erwarten. Es muß daher Wert darauf gelegt werden, daß das Bedienungspersonal in jeder Hinsicht seine Schuldigkeit tut. Dasselbe muß auch über die Möglichkeit von Explosionen, wie sie namentlich durch die Verwendung ungeeigneten Schmieröls herbeigeführt werden können, genau unterrichtet werden. Der Maschinenwärter sollte, im Verfolg des bereits oben Gesagten, verpflichtet werden, in bestimmten Zeiträumen fortlaufend Diagramme zu entnehmen und außerdem täglich einen kurzen Bericht über das Arbeiten der Maschine in ein Buch eintragen. Alles dies wird dazu beitragen, dem Maschinisten einen gewissen Respekt vor seiner Maschine einzuflößen und ihn veranlassen, seine Instruktionen, die ihm eine tadellose Instandhaltung der Maschine, äußerlich wie innerlich, zur Pflicht machen, genau zu beachten.

Es kann hier der Einwurf gemacht werden, daß die Befolgung all dieser Ratschläge sehr lästig sein und erhebliche Kosten verursachen würde. Es ist dabei jedoch zu beachten, daß jede Betriebsstörung, welche durch Nachlässigkeit in der Bedienung leicht herbeigeführt wird, stets ganz erheblichen Schaden mit sich bringt, sodaß die empfohlenen Vorsichtsmaßregeln sich stets gut bezahlt machen werden. Gar mancher hat es erst, wenn es zu spät war, bereut, wegen geringer Ersparnisse Vorsichtsmaßregeln außer Acht gelassen zu haben, die ihn vor großem Schaden behütet hätten.

Kaum minder gefährlich wie eine allzu mangelhafte Schmierung oder wie die Verwendung eines ungeeigneten Zylinderschmiermittels ist es, wenn ein an sich geeignetes Schmiermaterial in zu großen Mengen in Anwendung gebracht wird. Es geht hierbei nicht nur eine große Menge kostspieligen Materials nutzlos verloren, sondern es können sich dadurch auch Ansammlungen von brennbaren Stoffen bilden, die den Anlaß zu folgenschweren Explosionen geben können. Es folgt hieraus, daß gerade die Schmierung stets eine große Aufmerksamkeit erfordern wird, da es darauf ankommt, gerade nicht zu wenig und nicht zu viel Material zu verwenden.

Als Schmiermittel für Kompressionszylinder kommen im allgemeinen zwei in Frage, nämlich Zylinderöl und Seifenwasser. Jedes von diesen Schmiermitteln hat seine Nachteile und Vorzüge. Seifenwasser schmiert schlechter und muß daher in ziemlich bedeutenden Mengen angewendet werden. Es wird auch von einer Explosion berichtet in einem Falle, in dem angeblich lediglich Seifenwasser zur Schmierung angewendet wurde. Die Untersuchung ergab dabei, daß sich ein Niederschlag, der sich im Windkessel gebildet hatte, leicht bei 200° C entzündete. Hierauf wurde das zur Schmierung benutzte Seifenwasser im Laboratorium untersucht und dabei festgestellt, daß der Rückstand, der sich durch Eindampfen bis zur Bildung einer „schwarzen, halbfesten Masse“ ergab, bei einer Temperatur von 260° entzündete. Es wurde dann ferner festgestellt, daß außer diesem Seifenwasser auch noch ein Teil Öl verwendet worden war, dessen Entflammungspunkt bei etwa 200° C. lag. Der hauptsächlichste brennbare Bestandteil des Niederschlags, der sich gebildet hatte, bestand aus Kohlenstoff. Wenn

der Fall auch nicht ganz klar liegt, so scheint er doch zu zeigen, daß auch Seifenwasser nicht ganz gegen die Explosionsgefahr sichert. Ja, man kann sogar sagen, daß es sich hier gezeigt hat. daß Seifenwasser gegenüber Öl im Nachteil ist, denn es erwies sich ja, daß der eingedampfte Rückstand leicht entflammbar war. Außerdem ist bei der Benutzung von Seifenwasser zu bedenken, daß dabei sehr viel größere Mengen des Schmiermittels in Anwendung gebracht werden müssen, und hierbei dann auch die Rückstände entsprechend reichlicher werden als bei Ölschmierung. Indes muß trotzdem Seifenwasser als ein Schmiermittel angesehen werden, das sich in vielen Fällen mit gutem Vorteil anwenden läßt und auf das jedenfalls auch in manchem Notfalle, wo es auf die plötzliche Beschaffung großer Schmiermittelmengen ankommt, mit Nutzen zurückgegriffen werden kann. wst.

Schrämmaschine, System Eisenbeis. Die erste Abbildung stellt die von der „Duisburger Maschinenbau-A.-G. vormals Bechem und Keetman" zur Verwendung für verschiedene Schrämwinkel ausgeführte Schrämmaschine „System Eisenbeis" dar. Die Maschine besteht aus einer stoßenden Gesteinsbohrmaschine, einem Führungssektor, einer Querschlagsäule und den zugehörigen Schrämwerkzeugen. Statt des Führungssektors kann auch eine Schrämkupplung mit Handhebel verwendet werden.

Zur Inbetriebsetzung der Maschine wird zunächst die Ratschensäule in der zweckmäßigsten Weise, d. h., falls die örtlichen Verhältnisse es gestatten, vertikal aufgestellt. Der Führungssektor wird alsdann an der Säule derartig befestigt, daß das Schneckenrad die Richtung des gewünschten Schrams erhält; die Gesteinsbohrmaschine wird in den Sektor und die Schrämstange mit Schrämkrone in den Bohrschuh der Bohrmaschine eingesetzt.

Die Verwendung des Führungssektors hat den Vorteil, daß die Stöße der Bohrmaschine durch zweckentsprechende Drehung der Kurbel des Sektors in gleichen Abständen dicht nebeneinander gesetzt werden können. Der Vorschub der Gesteinsbohrmaschine wird durch Drehung ihrer Kurbel bewirkt.

Ist der ganze Vorschub der Maschine ausgenutzt, so wird dieselbe zurückgedreht, das Gestänge herausgenommen und durch eine längere Stange ersetzt usw., bis der Schram die genügende Tiefe hat. Bei einmaliger Aufstellung der Ratschensäule läßt sich bequem ein Schram bis 4,5 m Breite und ca. 2 m Tiefe herstellen.



Fig. 1.

Die Abbildung läßt ersehen, daß die praktische Zusammensetzung der einzelnen Teile es ermöglicht, den Schram unter jedem beliebigen Winkel auszuführen.

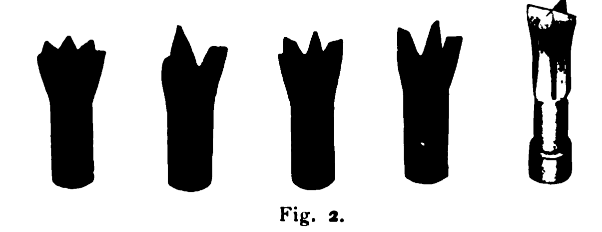


Fig. 2.

Zum Beweise der Vorteile, welche bei Verwendung von Schrämmaschinen gegenüber der Arbeit von Hand erzielt werden, sei ein Urteil der Verwaltung der Zeche „Ewald" herangezogen. Laut diesem wurden durch Handarbeit täglich 8,66 qm im Durchschnitt geschrämt. Nach Einführung der Schrämmaschine „System

Eisenbeis" stieg die durchschnittl. Leistung auf 18,65 qm pro Arbeitstag.

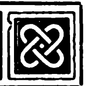
Für einen Schram von 2 m Tiefe wird ein Satz von fünf Schrämstangen von $^1/_2$–$2^1/_2$ m Länge in gleichen Abstufungen benutzt.

Die Schrämkronen haben normal einen Durchmesser von 80 mm, die Anzahl der Schneiden variiert, wie die Figur 2 zeigt, zwischen 3 und 8. Je weicher das Material ist, desto geringer kann man die Schneidenzahl wählen. Am gebräuchlichsten sind die Kronen mit fünf Schneiden.

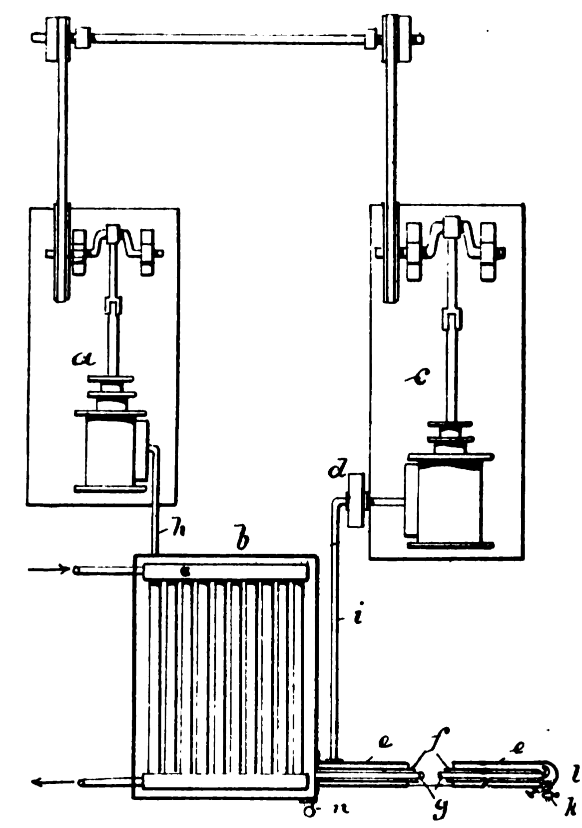
Die Maschine kann mit gleichem Erfolge im Kohle- wie im Schieferbergbau benutzt werden. E. L.



Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



Luftverflüssigungs- und Gastrennungsverfahren mit oder ohne Nutzbarmachung der äußeren Arbeit. Rudolf Mewes in Berlin. D. R.-P. Nr. 174362. Bei dem vorliegenden Verfahren handelt es sich um die möglichst vollkommene Umsetzung der in der isothermisch komprimierten und stark vorgekühlten Luft enthaltenen Energie zunächst in lebendige Kraft oder Strömungsenergie, indem hinter der Ausströmungsdüse bezw. hinter dem zylindrischen als Ausströmungsdüse dienenden Strahlrohr künstlich ein Vakuum erhalten und die Leistung äußerer Arbeit zum Fortschieben des Atmosphärendruckes bei der Raumvergrößerung verhindert wird. Infolge der Umsetzung der als Druck vorhandenen Energie der komprimierten Luft in reine Strömungsenergie will der Erfinder eine so große Temperaturerniedrigung erzielen, daß sich dadurch schließlich unter Anwendung des Gegenstroms schon allein, ohne daß ein Teil dieser Strömungsenergie noch in äußere mechanische Nutzarbeit umgesetzt werden muß, eine Verflüssigung der Luft in wirtschaftlicher Weise erreichen läßt. Vorausgesetzt wird indessen, daß während des Vorganges des Wärmeaustausches und vorher bei der Expansion in der Expansionsdüse die wärmeerzeugende Reibung möglichst verhindert und, was die Hauptsache ist, die strömende, durch die Expansion abgekühlte Luft erst nach fast vollständiger Wiedererwärmung wieder aus dem Strömungszustande in den Ruhe- oder Gleichgewichtszustand übergeführt wird. Letzteres geschieht daher bei vorliegendem Verfahren erst hinter der die wiedererwärmte Luft absaugenden Pumpe. Da nach vorliegendem Verfahren die aus der Expansionsdüse mit sehr großer Geschwindigkeit ausströmende Luft ihre lebendige Kraft möglichst beibehalten soll, bis sie aus der Vorrichtung, welche zur Durchführung des Arbeitsverfahrens dient, ausgeströmt ist, so darf man die Luft nicht in Richtung auf die im Behälter sich ansammelnde



flüssige Luft aufströmen oder aufprallen lassen; denn dadurch würde die Strömungsenergie aufgehoben und durch Reibung und Stoß wieder in Wärme umgewandelt werden. Die Ausströmungsdüse muß vielmehr vor dem Austritt umgebogen und von der Oberfläche der sich bildenden flüssigen Luft weg gerichtet sein, wie dies in der beiliegenden Zeichnung angedeutet ist. Da ferner die expandierten Gase ihre lebendige Kraft erst nach möglichst beendigtem Wärmeaustausch verlieren sollen,

so darf man natürlich nicht, wie dies bisher geschehen ist, die zur Wiedergewinnung eines Teiles der aufgewendeten Kompressionsarbeit dienende Gasturbine unmittelbar hinter der Ausströmungsdüse anordnen, sondern muß dieselbe kurz vor die Saugpumpe schalten, wie dies auf beiliegender Zeichnung zu erkennen ist. Der mit der Saugpumpe c von derselben Welle angetriebene Kompressor a drückt die erzeugte gekühlte Preßluft durch Leitung h in den Nachkühler b. Auf dem Boden des Kühlers b sammeln sich etwaige kondensierte fremde Beimengungen der Luft an und können mittels Ableitung, die durch den Hahn n ver schlossen ist, abgezogen werden. Die gereinigte und unter dem gewünschten Druck stehende Preßluft tritt in die mit umgebogener Ausströmungsdüse m versehene Leitung g und durch Öffnungen o in die letztere umschließende Leitung f, an deren unterem Ende sich Hahn l oder geeigneter Flüssigkeitsabscheider zur Abführung verflüssigter Luft in den unteren Teil des umschließenden röhrenförmigen Behälters e und hinter dem Hahn l ein zweiter Hahn k zum Ablassen von flüssiger Luft nach außen befindet. Die aus m ausströmende expandierende Luft fließt in Richtung des eingezeichneten Pfeiles von der unterhalb sich ansammelnden, flüssigen Luft weg, kühlt die in Leitung f enthaltene Preßluft und durch diese die in g nach m fließende Luft, fließt schließlich nach erfolgtem Wärmeaustausch durch Leitung i zur Turbine d, aus welcher sie in die Saugpumpe c strömt und von dieser unter dauernder Schaffung eines Vakuums in die Atmosphäre oder einen Behälter geschafft wird.

Verwendungsarten der Preßluft. Es ist zweifellos, daß die Verwendung der Preßluft zu den verschiedensten industriellen Zwecken noch bedeutend gesteigert werden wird und daß ihre Verwendung zur Kraftübertragung auf große Entfernungen unter Benutzung eines Vorwärmers an der Verbrauchsstelle weiter erforscht und vervollkommnet werden wird. Die Preßluft hat bei uns noch nicht ein gleich großes Verwendungsgebiet wie in anderen Ländern gefunden, sondern sich bislang auf den Betrieb von Zugbremsen, Gesteinsbohrern u. dgl. beschränkt. In anderen Ländern ist ihre Verwendung allgemein für alle Arten industrieller Zwecke: Zum Antrieb von Maschinen, Lokomotiven, zum Transportieren von Postsendungen durch Rohrleitungen und in Paris wird diese Kraftquelle nicht nur in Fabriken verwendet, sondern sie kann wie Elektrizität oder Gas an Haushaltungen, Restaurateure etc. zu den verschiedensten Verwendungszwecken abgegeben werden. Wir berichteten bereits kurz über die Erfolge der Tiefbrunnenpumpe. Es sei hier der erwähnte Versuch besprochen. Zwei Pumpen mit Riemenantrieb, Kurbelwellen und Kolben, welche doppeltwirkend arbeiteten, wurden installiert. Der Antrieb erfolgte durch eine transportable Dampfmaschine. Der verwendete Kompressor war eine »Straight-line«-Maschine mit 18" Hub. Der Versuch wurde durch einen erfahrenen Ingenieur geleitet, der feststellen sollte, welches System sich am besten zur Einführung eignete. Die Versuche wurden sehr gründlich durchgeführt und zeigten, daß die Tiefbrunnenpumpe 60 Gallonen (1 Gallone = 3,6 l) Wasser pro Pfund (0,4536 kg) verbrannter Kohle lieferte, wohingegen das Lufthebewerk 300 Gallonen unter sonst gleichen Bedingungen hob. Die Verwendung einer ökonomischer arbeitenden Dampfmaschine in Verbindung mit einem Korlis - Verbundkompressor hätte das Resultat noch bedeutend zu Gunsten der Lufthebung verbessert.

Ein neuer Luftkompressor. Die Begleitskizzen zeigen einen neuen Typ des Sullivan Luftkompressors, der insbes. den Anforderungen,



Fig. 1. Außenansicht des Sullivan Luftkompressors.

welche der Betrieb in Bergwerken und Steinbrüchen stellt, entspricht. Die Maschine wird für verschiedene Kombinationen von Dampf-

und Luftzylinder und für Riemen- und direkten Antrieb ausgeführt. Das Charakteristische an den verschiedenen Typen ist der Kastenrahmen mit einem Gehäuse, welches Kurbelscheibe, Hauptlager, Exzenter, Schubstange und Kreuzkopf nach außen dicht abschließt. Dieses Gehäuse schließt den Staubansatz aus und gestattet die Verwendung einer automatischen Ölung der wichtigsten arbeitenden Teile. Wie die Schnittzeichnung zeigt, ist in dem Rahmen ein Ölsammelraum angeordnet, in welchen der untere Teil der Kurbelscheibe taucht. Das Öl, welches der Scheibe anhaftet, wird von Abnehmern, welche auf dem oberen Teil der Scheibe schleifen, nach einem Sammelraum geleitet und von hier vermittelst geeigneter Rohre den Hauptlagern, dem Kurbelzapfen, den Kreuzkopfführungen und den Exzentern zugeführt und fließt sodann durch sein Eigengewicht wieder dem Sammelraum im Kurbelgehäuse zu. Diese Maschinen bedürfen geringer Aufmerksamkeit und Wartung, da dem Sammelraume nur in größeren Zeitabständen Öl zugeführt zu werden braucht.

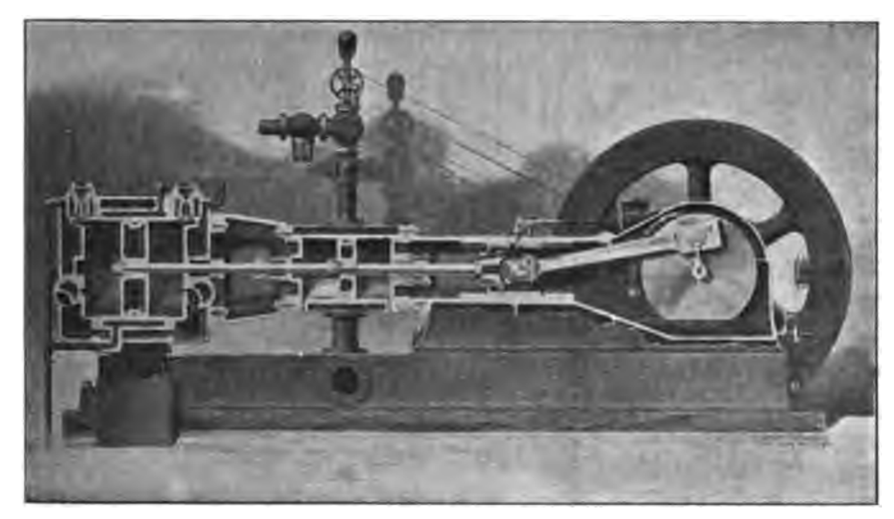
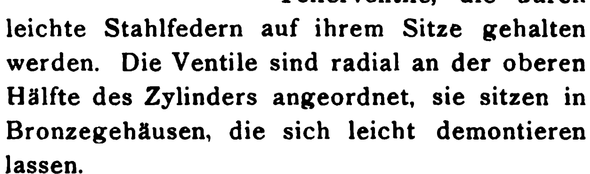


Fig. 2. Schnittzeichnung des Sullivan Luftkompressors.



Die Kompressoren sind sehr gedrungen und stabil gebaut. Alle, mit Ausnahme der Maschinen größter Leistung, sind auf einen kräftigen Maschinenrahmen aufgesetzt, in welchen der Zwischenkühler und Dampfvorwärmer eingebaut sind. Die Rahmen sind schwer und starr gebaut und mit langen Auflageflächen versehen, sie sichern die Schnurrichte der arbeitenden Teile. Der Dampfzylinder wird durch einen Meyerschieber gesteuert. Die Luftzylinder sind nicht mit Mantel gegossen, sondern zur Vermeidung von Gußspannungen sind die Innenzylinder in den Mantel eingesetzt. Der Raum zwischen Innenzylinder und Mantel wird vom Kühlwasser durchflossen. Außerhalb dieses Raumes befindet sich der Luftverteilungsraum, sodaß die Luft ohne Berührung mit den heißen Wandungen in den Zylinder gelangt.

Die Deckel der Luftzylinder sind auch durch Wasser gekühlt und bei zweistufiger Kompression ist ein wirksamer Zwischenkühler vorgesehen, der aus einer Anzahl wasserdurchflossener, kupferner Rohre besteht, mit welchen die vom Hoch- zum Niederdruckzylinder strömende Luft in intime Berührung kommt.

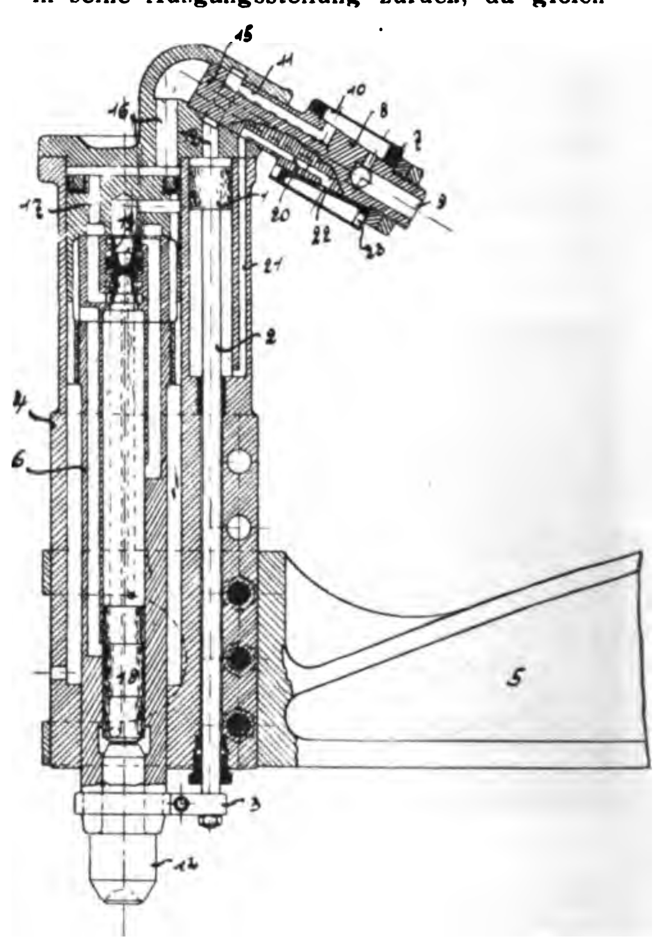
Der Einlaß wird, wie die Figur zeigt, durch unten am Zylinder angebrachte Corlisshähne bedient, der Auslaß erfolgt durch gewöhnliche Tellerventile, die durch leichte Stahlfedern auf ihrem Sitze gehalten werden. Die Ventile sind radial an der oberen Hälfte des Zylinders angeordnet, sie sitzen in Bronzegehäusen, die sich leicht demontieren lassen.

Diese Luftkompressoren werden für Fördermengen von 100—2600 Kubikfuß »free air« *) pro Minute (1 Kubikfuß = 27 l.) gebaut und zwar von der »Sullivan Machinery Co.«, Chicago.

Durch Druckluft oder dergl. betriebene Schlagnietmaschine. Deutsche Niles - Werkzeugmaschinen - Fabrik in Oberschöneweide bei Berlin. D. R.-P. Nr. 175325. Die Erfindung löst die Aufgabe, den Hammermechanismus von durch Druckluft oder dergl. betriebenen Schlagnietmaschinen auf den zu schließenden

*) Unter »free air« versteht der Amerikaner nicht etwa die angesaugte, sondern die theoretische, aus dem Hubvolumen berechnete Luftmenge.

Niet vorschieben zu können, ohne dabei die Maschine in Gang zu setzen. Der Vorteil, den diese Anordnung mit sich bringt, besteht darin, daß zentrisch sitzende Nietköpfe gebildet werden (s. Skizze). Dies ist dadurch erreicht worden, daß ein getrennt liegender Kolben I mit Gestänge 2 und 3 vorgesehen ist, durch den das Vor- und Rückbringen des Hammermechanismus bewerkstelligt wird, ohne daß Druckluft, wie bisher üblich, hinter letzteren geleitet wird. In dem im Bügel 5 befestigten Zylinder 4 ist der Hammermechanismus 6 in seiner Längsachse verschiebbar angeordnet und wird dadurch auf den zu schließenden Niet bewegt, daß die Hülse 7 des Einlaßhahnes 8 in die gezeichnete Stellung gebracht wird. In dieser Stellung tritt das Druckmittel durch den Kanal 9, die Aussparung 10 und die Kanäle 11 und 12 hinter den Kolben I und schiebt diesen vor, wobei der Hammermechanismus 6 durch das Gestänge 2 und 3 mitgenommen wird. Nachdem der Döpper 14 so auf den zu schlagenden Niet aufgesetzt und die Maschine in die richtige Stellung gebracht ist, dreht man die Hülse 7 um etwa 90° weiter, so daß der Kanal 9 durch die Aussparung 10 mit den Kanälen 15 und 16 in Verbindung gebracht wird und das Druckmittel hinter den Hammermechanismus gelangen kann, von wo es durch Kanal 17 zum Steuerventil 19 kommt, das es in bekannter Weise abwechselnd auf die vordere und hintere Fläche des Schlagkolbens 18 verteilt. Nach Fertigstellung des Nietkopfes dreht man die Hülse 7 um etwa 90° weiter. Hierdurch wird der Kanal 9 durch die Aussparung 10 mit den Kanälen 20 und 21 verbunden, das Druckmittel tritt auf die Kragenfläche des Kolbens I und schiebt diesen mit dem Hammermechanismus in seine Ausgangsstellung zurück, da gleich-



zeitig der Raum hinter dem Hammermechanismus durch die Kanäle 15 und 16 sowie die Kanäle 22 und 23 der Hülse 7 mit der Außenluft in Verbindung gebracht ist.



Zeitschriften- und Bücherschau.



Neue Bücher.

Bakhuis-Roozeboom, Dr. H. W. Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre, II. Heft. (Braunschweig, Vieweg & Sohn.)

Das zweite Heft dieses für die behandelten Gebiete grundlegenden Werkes ist den Systemen aus zwei Komponenten gewidmet. Es sind hier die Gleichgewichte zwischen einer flüssigen und einer gasförmigen Phase besprochen. Zunächst werden die Gleichgewichte für konstanten Druck und für konstante Temperatur behandelt, um schließlich die Abhängigkeit aller drei Variabeln (Konzentrationsverhältnis, Druck und Temperatur) in einem Bilde zu vereinen. In gleicher Weise ist das Auftreten der Komponenten als feste Phasen neben Flüssigkeit und Dampf besprochen. Sieht man von den Mischkrystallen und Verbindungen zwischen den Komponenten, deren Einfluß auf die Gleichgewichtsverhältnisse in einem späteren Hefte studiert werden sollen, ab, so kann man sagen, daß sich in dem Buche alle Möglichkeiten erschöpft finden, die sich bei Zustandsänderungen zweier nebeneinander befindlicher Körper einstellen können. Zur Veranschaulichung der Gleichgewichte sind zahlreiche graphische Darstellungen benutzt und stets sind die auf theoretischem Wege abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten an der Hand der Erfahrung geprüft, wodurch



der Forschung wichtige Anregungen gegeben werden dürften. Es braucht nicht gesagt zu werden, daß besonders die ersten Kapitel, die eine vollständige Theorie des Verdampfens, Kondensierens und Fraktionierens zweier Körper enthalten, vom größten Interesse für die Leser unserer Zeitschrift sein dürften. Aber auch die andern Teile enthalten da und dort Bemerkungen, die ein klärendes Streiflicht auf die uns besonders interessierenden Gegenstände werfen. Das Werk sei Theoretikern und Praktikern gleich warm empfohlen.

Nachschrift. Während der Vorbereitung dieses Heftes traf die Trauerkunde ein, daß der Verfasser des eben besprochenen Buches im Alter von 52 Jahren verschieden ist. Physik und Chemie sind dadurch von einem schweren Verlust betroffen. Sie werden dem Gelehrten ein dankbares Andenken bewahren, der sich sowohl durch seine speziellen Arbeiten — wir nennen die Forschungen über Gashydrate, Schweflige Säure etc. — wie durch die genannte grundlegende Publikation ein dauerndes Denkmal gesetzt hat.



Kälte-Industrie.

Leistungsprüfung an einer Kohlensäuremaschine in der Palminfabrik von H. Schlinck & Cie., Mannheim. Von Rich. Stetefeld. (Z. f. d. ges. Kälte-Industrie 1906, Heft 12, S. 227.)

La conservation des densées alimentaires par le froid. Von Dr. Aug. Perret. (La glace et les ind. du froid 1906, Heft 11.)

Le Froid artificielle à l'Exposition Internationale de Milan.) (La glace et les ind. du froid 1906, Heft 11.)

Different states of ammonia in refrigeration. Von Dr. J. E. Siebel. (Ice and Refrigeration, Vol. 31, 1906, Heft 4.)

Cold Curing of American Cheese-Ice skating rinks in Austria. (Ice and Refrigeration, Vol. 31, 1906, Heft 4.)

Market Milk Investigation. Clarence P. Laue. (Ice and Refrigeration, Vol. 31, 1906, Heft 5.)

Creamery Cold Stores. (Iee and Refrigeration, Vol. 31, 1906, Heft 6.)

Natural Ice Business, Records of Ice Elevator Works. (Ice and Refrigeration, Vol. 31, 1906, Heft 6.)

Zur Geschichte der künstlichen Kühlung. (Zeitschr. f. d. ges. Kohlensäureindustrie 1906, Heft 19.)

Ein Luftschiff mit Kohlensäuremotor. (Zeitschr. f. d. ges. Kohlensäureindustrie, 1906, Heft 20.)

Zur Theorie der Verflüssigung der Luft. Von Pictet. (Zeitschr. f. d. ges. Kohlensäureindustrie 1906, Heft 22.)

The Death of Matter, 5th Chapter of „L'Air Liquide" by George Claude. (The Journal of Franklin Institute, Heft 5, Nov. 1906.)



Physik und Chemie.

Beitrag zur Kenntnis der Absorption von Gasen durch Kohle. (Journ. f. prakt. Chem. [N. F.] 74, S. 232—236, 1906.)

The Jonisation produced by Hot Platinum in Different Gases. Von O. W. Richardson. (Roy. Soc. London. June 28, 1906. Nature 74, S. 579—580, 1906.)

The Production of Ozone by a Photo-Electric Current in Oxygen. Von Harry S. Hower. (Abstract of a paper presented at the Ithaca meeting of the Physical Society, June 29, July 3, 1906. Phys. Rev. 23, S. 251, 1906.)

The Fluorescence, Magnetic Rotation, and Temperature Emission Spectra of Jodine Vapour. Von R. W. Wood. (Phil. Mag. (6) 12, S. 329—336, 1906.)

On the „Kew" Scale of Temperature and its Relation to the International Hydrogen Scale. Von I. A. Harker. (Roy. Soc. London, June 28, 1906. Nature 74, S. 531—532, 1906.)

Heat treatment of high-temperature mercurial thermometers. Von Hobert C. Dickinson. (Bull. Bureau of Standards 2, S. 189—223, 1906.)

Über die Empfindlichkeit der Widerstandsthermometer. Von W. Jaeger. (Zeitschr. f. Industriek. 26, S. 278—284, 1906.)

Zur Theorie und Prüfung der Zustandsgleichung. Von Hans Happel. (Ann. d. Phys. (4) 21, S. 342—380, 1906.)

Note on Opalescence in Fluids near the critical Temperature. Von Sydney Joung. (Proc. Roy. Soc. (A) 78, S. 262—263, 1906.

Sur la liquéfaction de l'air par détente avec travail extérieur. Von Georges Claude. (C. R. 143, S. 583—585, 1906.

L'air liquide et l'oxygène. Von René I. Lévy. (Rev. scient. (5) 6, S. 582—587, 1906.

Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz. Première partie. Généralités. — Viscosité des liquides. Von Marcel Brillouin. (Paris: Gauthier-Villars 1907.)

Über die absorbierenden Eigenschaften verschiedener Kohlensorten. Von L. Rosenthaler und F. Türk. (Arch. f. Pharm. 244, S. 517—534, 1906.)

Bemerkungen zur vorliegenden Arbeit. Von L. Rosenthaler. (Arch. f. Pharm. 244, S. 535—536, 1906.)

The Effect of Absorbed Hydrogen on the Photoelectric Current. Von W. F. Holmann. (Amer. Ass. for. the Adv. of Science. Ithaca 1906. Science (N. S.) 24, S. 611, 1906.)

Sur les constantes thermiques du sodium et du lithium. 89 sess. soc. Helv. des nat. St. Gall. 30. Juli — 1. Aug. 1906. Von A. Kleiner et Thum. (Arch. sc. phys. et nat. (4) 22, S. 275—277, 1906.)

On the velocity of sound in gases, and the ratio of the specific heats, at the temperature of liquid air. Von S. R. Cook. (Phys. Rev. 25, S. 212 bis 237, 1906.)

Über ein neues Manometer zur Bestimmung kleinerer Gasdrucke mit Anwendungen. Von E. Hering. (Ann. d. Phys. (4) 21, S. 319—341, 1906.)

La dissociation de la matière sous l'influence de la lumière et de la chaleur. Von Gustave Le Bon. (C. R. 143, S. 647—649, 1906.)

Über die lichtelektrische Wirkung bei tiefer Temperatur. Von A. Lienhop. (Ann d. Phys. (4) 21, S. 281—304, 1906.)

A spectrophometric study of solutions of copper and cobalt. Von B. E. Moore. (Phys. Rev. 23, S. 321—357, 1906.)

Die Leitfähigkeit der Luft in einem starken elektrischen Felde und der Siemenssche Ozonerzeuger. Von Arthur W. Ewell. (Phys. Zeitschr. 7, S. 927—930, 1906.)

Abhandlungen über Zustandsgleichungen. Abhand. III. Modifizierte von der Waalssche Gleichung am Äthyloxyd geprüft. Von A. Batschinski. (Ann. d. Phys. (4) 21, S. 1001—1012, 1906.)

Über das Verhalten gewisser Stoffe bei ihren kritischen Temperaturen. Von Morris W. Travers und Francis L. Usher. (Zeitschr. f. phys. Chem. 57, S. 365—381, 1906.)

Über die Polymerisation der Flüssigkeiten. Von Petru Bogdan. (Zeitschr. f. phys. Chem. 57, S. 349 bis 356, 1906.

Der Dampfdruck des Kohlensäureschnees. Von H. du Bois. (Phys. Zeitschr. 7, S. 930—931, 1906.)

Die Verdampfungswärme des Wassers zwischen 80° und 100° C. Von F. Henning. (Ann. d. Phys. (4) 21, S. 849—878. 1906.)

Sur les spectres de l'hydrogene. Von A. Dufour. (Ann. chim. phys (8) 9, S. 361—432, 1906.)

Über die Lichtemission der Kanalstrahlen in Wasserstoff. Von I. Stark. (Ann. d. Phys. (4) 21, S. 401—456, 1906.)

Temperaturmessungen bis 1600° mit dem Stickstoffthermometer und mit dem Spektralphotometer. Von L. Holborn und S. Valentiner. (Berl. Akademie. Ber. 1906, S. 811—817.)

Über die van der Waalssche Formel. Von Karl Fuchs. (Ann. d. Phys. (4) 21, S. 814—824, 1906.)

Eine neue Quecksilberluftpumpe. Von U. von Reden. (Der Mechaniker 14, S. 267—269, 1906.)

Zwei Versuche über das Schweben kleiner Körper in der Luft. Von E. Gilthay. (Zeitschr. f. Unterr. 19, S. 363—364. 1906.)

Ein neuer Apparat zum Nachweis des Auftriebes in Luft (Baroskop). Von H. Kropp. (Zeitschr. f. Unterr. 19, S. 361—362, 1906.)

Demonstrationen über die Druckverhältnisse bei Gasströmen. Von I. Schacht. (Zeitschr. f. Unterr. 19, S. 345—348, 1906.)

Explosion einer mit flüssiger SO_2 gefüllten Glasröhre. Von A. H. Borgesius. (Zeitschr. f. Unterr. 19, S. 364, 1906.)

Pressluft-Industrie.

Die Wirkungsweise der Preßluftpumpen von L. Darapsky und F. Schubert berührt das Thema: Unter welchen Bedingungen herrscht Gleichgewicht in einem Rohre, das zugleich Luft und Wasser in zylindrischen Schichten enthält. Es werden mit wissenschaftlicher Gründlichkeit die Vorgänge im Steigrohre der Preßluftpumpen (Mammutpumpen) beleuchtet. (Zeitschr. d. V. D. Ing. 1906, Nr. 51 u. 52.)

Kritik der Bremssysteme bei elektrisch betriebenen Hebezeugen. Von Dr. F. Jordan-Köthen. Nach der Kritik mehrerer anderer Bremssysteme schreibt Dr. Jordan über die Druckluftbremse, das ist die Verbindung einer einfachen Backen- oder Bandbremse mit einem Zylinder, dessen Kolben bei eintretender Druckluft das Bremsgewicht hebt und die Bremse lüftet, beim Entweichen der Druckluft aber die Bremse unter der Wirkung des Bremsgewichtes zum Einfallen bringt. Die Druckluft tritt durch ein elektrisch gesteuertes Ventil ein und aus, das einmal zwangläufig mit dem Steuerschalter des Motors nach Art des Bremsmagneten bei der Magnetbremse verbunden ist, zum anderen aber durch einen mit dem Windwerk umlaufenden Schwunggewichtsregler, den sogenannten Senkbremsregler in Abhängigkeit von der Lastgeschwindigkeit gebracht wird.

Durch die Anordnung des Senkbremsreglers werden die Lasten unabhängig von ihrer Größe mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gesenkt und das Überschreiten der durch den Konstrukteur festgelegten Lastgeschwindigkeit unmöglich gemacht.

Die Druckluftbremse erfüllt nach der Meinung des Verfassers alle Bedingungen, die man an eine gute Bremse stellen muß und ist allen anderen Systemen, welche für elektrische Hebezeuge in Betracht kommen, entschieden vorzuziehen. (Zeitschr. d. V. D. Ing. 1906, Nr. 52.)

Abhandlung über den stehenden Riemenverbundkompressor der M.A.-G.Balcke-Frankenthal. (Der prakt. Maschinenkonstrukteur, 22. Nov. 1906.)

Nietmaschinen der Güldner-Motoren G. m. b. H., München. (Der prakt. Maschinenkonstrukteur, 6. Dez. 1906.)

Die Honigmann'sche Methode der Schachtabteufung. Von A. E. Hartmann. (Compr. Air, Aug. 1906.)

Die Schmierung der Luftkompressoren. Als vorzügliches Mittel zur Schmierung der Kompressoren wird eine Mischung von Graphit und Öl oder Graphit und Seifenwasser angepriesen. Die „Comstock Engine Comp." liefert geeignete Schmierbehälter. (Compr. Air, Aug. 1906.)

Die Verwendung der Druckluft im Kohlenbergwerk. Die Druckluft kommt in Betracht als Betriebsmittel für Lokomotiven, stationäre Fördermaschinen, Schräm- und Bohrmaschinen. Über die Konstruktion von Preßluftlokomotiven wird folgendes gesagt: Die Lokomotiven sind in bezug auf Zylinder, Steuerung, Rahmen usw. ähnlich den Dampflokomotiven konstruiert, nur daß die Lager länger gehalten sind, und daß jeder Teil der Konstruktion stärker ist. Anstelle der Kessel ist die Preßluftlokomotive mit einem oder mehreren stark konstruierten Vorratsbehältern ausgerüstet, die Luft unter einem Drucke von 50—70 Atm., zuweilen bis zu 140 Atm. enthalten. Die Hauptbehälter sind mit dem Hilfsniederdruckbehälter durch eine Rohrleitung verbunden, in welche ein selbsttätiges Absperrventil eingeschaltet ist. Im Hilfsbehälter herrscht ein gleichmäßiger Arbeitsdruck von ca. 10 Atm. (Compr. Air, Sept. 1906.)

Die Verwendung der Preßluftwerkzeuge im Schiffbau. (Compr. Air, Nov. 1906.)

Vergleich elektrischer und Preßluft-Bohrmaschinen. (Compr. Air, Nov. 1906.)

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.



X. Jahrgang. Heft 6.

Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase

sowie für die Pressluft-Industrie

(begründet als „Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase“ von Dr. M. Altschul).

Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete

herausgegeben von

Dr. Gustav Keppeler, Privatdozenten an der technischen Hochschule zu Darmstadt.

Verlag von Carl Steinert in Weimar.

Inhalt des 6. Heftes.

Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.

Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete

herausgegeben von

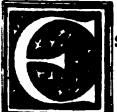
Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler**, Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 6. **März 1907.** **X. Jahrgang.**

Die „**Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie**" erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar,** die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3 gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Die Herstellung von Sauerstoff und Stickstoff aus verflüssigter Luft und die technische Verwertung der gewonnenen Gase.[1])

Von **Dr. F. Linde-München.**



Es soll im folgenden nur über die technischen Ergebnisse berichtet werden, welche die Gesellschaft für Lindes Eismaschinen auf dem Gebiet der Zerlegung der Luft in ihre Bestandteile erzielt hat; denn über die Leistung andrer, die auch hieran arbeiten, Näheres zu erfahren, ist bei dem augenblicklichen Stande der Entwicklung sehr schwer.

Es sind jetzt bald zwölf Jahre, daß zu dem Verfahren der Sauerstoffgewinnung mit Hilfe der Luftverflüssigung der Grund gelegt wurde. Im Mai 1895 wurde zum erstenmal einem größeren Kreis von Physikern, Chemikern und Ingenieuren eine Maschine im Betrieb vorgeführt, die stündlich mehrere Liter flüssige Luft erzeugte. Aber erst sieben Jahre später, im Jahre 1902 auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure in Düsseldorf, konnte mein Vater über die Lösung des Problems, über die Herstellung reinen Sauerstoffes mit Hilfe der Rektifikation berichten. Seitdem hat sich nicht nur an unsre Versuchsanstalt in Höllriegelsgreuth bei München, die manchem von Ihnen von der Hauptversammlung des Jahres 1903 her in Erinnerung sein wird, eine Sauerstofffabrik angegliedert, sondern es sind auch noch weitere derartige Fabriken errichtet worden, und zurzeit stammt wohl schon mehr als die Hälfte des Sauerstoffes, der in Deutschland in Stahlflaschen in den Handel kommt, aus unsern Werken.

Die Möglichkeit, die Luft in ihre Bestandteile zu zerlegen, ist dadurch gegeben, daß der Siedepunkt des Sauerstoffes, — 183°, um etwa 13° höher liegt als der des Stickstoffes, — 196°. Wie man diese Temperaturen und die Verflüssigung der Luft erreicht, das darf ich wohl als bekannt voraussetzen.

Läßt man flüssige Luft von atmosphärischer Zusammensetzung, also mit etwa 21 v. H. Sauerstoff und 79 v. H. Stickstoff, verdampfen, so werden zuerst Dämpfe mit 7 v. H. Sauerstoff und 93 v. H. Stickstoff entwickelt, und der Sauerstoffgehalt der zurückbleibenden Flüssigkeit nimmt infolgedessen zu. Sind drei Viertel der Flüssigkeit verdampft, so enthält der Rest ungefähr 50 v. H. Sauerstoff, und das letzte Zehntel ist bis auf 75 v. H., das letzte Fünfundzwanzigstel bis auf 90 v. H. Sauerstoff angereichert. Dieses Fünfundzwanzigstel enthält aber nur noch ein Sechstel der ursprünglichen Sauerstoffmenge, während fünf Sechstel mit dem Stickstoff entwichen sind. Durch eine solche einfache fraktionierte Destillation flüssiger Luft kann man also weder reinen Stickstoff, noch auch in rationeller Weise annähernd reinen

[1]) Vortrag gehalten im Berl. Bez.-Ver. des Vereins deutscher Ingenieure.

Sauerstoff herstellen. Dies ist erst bei Anwendung der sogenannten Rektifikation gelungen. Auf das Wesen der Rektifikation hier näher einzugehen, würde zu weit führen. Es genüge der Hinweis, daß die Alkoholindustrie die Rektifikation seit langer Zeit im größten Maßstabe zur Trennung des Alkohols vom Wasser benutzt. Durch eine zweckentsprechende Übertragung und Umgestaltung des beim Alkohol sich abspielenden Vorganges gelingt es, die Luft in annähernd reinen Sauerstoff und ein Gemisch von 93 v. H. Stickstoff und 7 v. H. Sauerstoff zu zerlegen, und ein Prozeß, der Ähnlichkeit hat mit dem als Dephlegmation dem Destillationstechniker bekannten Vorgang, gestattet schließlich auch die Herstellung vollkommen reinen Stickstoffes, so daß nunmehr eine quantitative Trennung der Luft in ihre Bestandteile möglich geworden ist.

Mit der Ausbildung unserer Einrichtungen zur Gewinnung reinen Sauerstoffes und Stickstoffes sind wir nach langjähriger Arbeit über das Stadium der Laboratoriumsversuche hinweggekommen und haben in den letzten drei Jahren außer dem schon genannten Werk in Höllriegelsgreuth fünf Fabriken in Betrieb setzen können, die fast ausschließlich Sauerstoff für den Verkauf in Stahlflaschen herstellen, nämlich in Barmen, Berlin, Paris, Birmingham und Mailand. Die Werke in Berlin und Paris haben schon nach kurzer Zeit dem Bedarf nicht mehr genügen können und sind in den letzten Monaten vergrößert worden. Die Pariser Anlage vermag täglich 600 cbm Sauerstoff zu liefern. Infolge der in den letzten Jahren erheblich gesunkenen Preise für komprimierten Sauerstoff und der neu gefundenen Anwendungsgebiete hat sich der Verbrauch bedeutend gehoben; aber die gewaltigen Unkosten, die mit der Kompression des Sauerstoffes, mit der Instandhaltung und dem Transport der Stahlflaschen, mit der Abschreibung und Verzinsung der in dem Flaschenpark angelegten Summen verbunden sind, müssen den Preis des komprimierten Sauerstoffes auf einer Höhe halten, der die Herstellungskosten des Gases um das Mehrfache übersteigt. Ein Verbrauch von Sauerstoff in wirklich großem Maßstabe, etwa in der Größenanordnung des Leuchtgasverbrauches, wird daher niemals durch den Vertrieb von Stahlflaschen, sondern nur durch Rohrleitungen ermöglicht werden. In großen Anlagen werden naturgemäß sowohl die Kälteverluste, welche im wesentlichen den Energieaufwand bedingen, als auch die Kosten für Bedienung, Abschreibung und Verzinsung viel kleiner als bei den bisher ausgeführten, kleinen Fabriken.

Ich möchte nun kurz die wichtigsten Arten der Verwendung des Sauerstoffes anführen, und wenn ich dabei vielleicht hie und da die Grenze des Bestehenden überschreiten und ein wenig in das Gebiet der Zukunftsmusik geraten sollte, so wird man mir das hoffentlich zugute halten.

Zunächst ist die Verwendung des Sauerstoffes für medizinische Zwecke zu nennen. Bei Atmungsbeschwerden gibt die Einatmung reinen Sauerstoffes große Erleichterung, da die Lunge ein viel kleineres Gasvolumen zu fördern hat und auch der Übergang des Sauerstoffes in das Blut bei größerer Konzentration jedenfalls rascher erfolgt, als wenn jedes Sauerstoffvolumen mit der vierfachen Menge Stickstoff vermischt ist. Bei der Chloroformnarkose gibt die Mischung der Chloroformdämpfe mit Sauerstoff statt Luft größere Sicherheit dagegen, daß der Patient aus der Narkose nicht wieder erwacht. Auch treten die unangenehmen Nachwirkungen des Chloroforms bei der Mischung mit Sauerstoff milder auf und werden rascher überwunden. Es sind hierfür sehr hübsche Vorrichtungen konstruiert worden, die nicht nur eine genau bestimmbare Menge Sauerstoff in der Zeiteinheit der Atmungsmaske zuführen, sondern auch eine sicher regelbare Dosierung des Chloroforms selbsttätig vornehmen.

Mit der Anwendung in der Medizin verwandt ist die Anwendung zu Rettungszwecken, z. B. bei der Feuerwehr und in Bergwerken. Statt dem Feuerwehrmann, der in raucherfüllte Räume eindringen muß, mittels einer Pumpe und eines Schlauches Luft in den Rauchhelm zu blasen, hängt man ihm einen kleinen Tornister um, der ein Stahlfläschchen mit 50 oder 100 Liter Sauerstoff enthält. So kann er sich vollkommen frei und unabhängig von einer gefährdeten Schlauchleitung bewegen. Die Geräte sind meist so eingerichtet, daß die ausgeatmeten Gase durch Kalihydrat von der Kohlensäure befreit und dann nur mit der nötigen Menge frischen Sauerstoffes vermischt von neuem eingeatmet werden,

so daß der Vorrat für ziemlich lange Zeit reicht. Besonders in Bergwerken ist das von großem Wert, wo vielfach bei Rettungsarbeiten längere Zeit in schlechten Gasen verweilt werden muß.

Auch der Luftschiffer vergißt niemals, eine Flasche Sauerstoff mitzunehmen, wenn er in so hohe Regionen aufsteigen will, daß die verdünnte Luft seinen Lungen nicht mehr die nötige Menge Sauerstoff liefert.

In der Industrie wird der Sauerstoff fast ausschließlich dazu verwendet, um hohe Temperaturen zu erzeugen, die bei Anwendung von Luft entweder überhaupt nicht oder doch nur mit einem unverhältnismäßig hohen Brennstoffaufwand erzielt werden können.

Hier ist zuerst das Hartlöten zu nennen. Vielfach kann man die zu lötende Stelle schwer oder gar nicht ins Kohlenfeuer bringen, oder man muß erst mit vieler Mühe einen Ofen herumbauen. Mit einem Leuchtgas-Sauerstoffbrenner kann man in kurzer Zeit auch an schwer zugänglichen Stellen die zum Fließen des Hartlotes nötige Temperatur erreichen. In unserer Werkstatt, wo kein Leuchtgas zur Verfügung steht, führen wir einer gewöhnlichen Benzinlötlampe Sauerstoff zu und löten damit die stärksten Kupferrohre hart.

Platin kann nur in der Knallgasflamme zum Schmelzen gebracht werden. Die Platinschmelzen haben daher einen bedeutenden Verbrauch an Sauerstoff.

Die Glasindustrie ist Abnehmer für sehr erhebliche Mengen Sauerstoff und verwendet ihn hauptsächlich zur Herstellung sehr heißer Stichflammen, mit deren Hilfe in kürzester Zeit Löcher in Glasglocken geschmolzen werden.

Das wichtigste Absatzgebiet für den komprimierten Sauerstoff bildet zurzeit wohl die sogenannte autogene Schweißung.[1]) Außer Eisen können Kupfer, Nickel, Silber, Gold und Platin autogen geschweißt werden.

Der Sauerstoff ist aber nicht nur imstande, zu einer guten Schweißverbindung Hilfe zu leisten, sondern er vermag auch Eisen zu teilen, zu bohren, zu beseitigen, da wo man es nicht haben will.

[1]) Wir werden dieses für die Verwendung des Sauerstoffs so wichtige Verfahren demnächst in einem aus sachkundiger Feder stammenden Aufsatz speziell behandeln.

D. R.

Erhitzt man nämlich Eisen an irgend einer kleinen Stelle mit der Knallgasflamme zur hohen Weißglut, sperrt dann die Wasserstoffleitung ab und läßt den Sauerstoff allein in starkem Strahl gegen das heiße Eisen blasen, so findet eine so lebhafte Verbrennung statt, daß durch die Verbrennungswärme das umgebende Eisen in großen Mengen geschmolzen und weggeblasen wird. Auf diese Weise kann man in zwei Minuten durch einen Eisenblock von 1 m Dicke ein armdickes Loch bohren. Dieses Verfahren dient hauptsächlich bei Hochöfen zum Ausschmelzen von Abstichöffnungen, die durch erstarrtes Eisen verstopft sind, und hat sich da so gut bewährt, daß jetzt die meisten Hochofenwerke eine Lizenz zur Benutzung des Patentes, das dem Cöln-Müsener Bergwerksverein gehört, erworben haben und immer ein paar Flaschen Sauerstoff in Bereitschaft halten.

Eine Anwendung im allergrößten Maßstabe würde der Sauerstoff im Hochofenprozeß finden, wenn man ihn nicht nur zur Beseitigung von Verstopfungen, sondern beim normalen Ofengange gebrauchen würde. Bekanntlich wird jetzt etwa die Hälfte der oben aus dem Hochofen austretenden Gichtgase, die einen Heizwert von 800 bis 900 WE/cbm haben, in den Winderhitzern verbrannt, um den in den Ofen einzublasenden Wind auf rund 1000° vorzuwärmen. Wenn man nun den Wind mit Sauerstoff anreichert, so erreicht man eine ganze Anzahl von Vorteilen:

1. Die Windmenge wird kleiner, da man weniger Stickstoff einzublasen hat. Es wird dadurch an Kompressionsarbeit gespart, zumal bei verminderter Windmenge auch der Ofenwiderstand und damit die nötige Windpressung sinkt.

2. Die Windtemperatur darf niedriger sein, weil der sauerstoffreichere Wind die im Ofen nötige Temperatur auch bei niedrigerer Eintrittstemperatur herstellt. Dadurch werden auch die wertvollen und häufig ausbesserungsbedürftigen kupfernen Windformen geschont.

Aus diesen beiden Umständen ergibt sich, daß in den Winderhitzern sehr viel weniger Gichtgase verbrannt zu werden brauchen, die dann für andre Zwecke, in erster Linie natürlich zum Antrieb der Sauerstoffanlage, verfügbar werden.

3. Man wird einen lebhafteren Ofengang erzielen können, so daß ein Ofen größere Mengen Roheisen erzeugt als bisher. Es ergibt sich hieraus eine bessere Ausnutzung des im Ofen angelegten großen Kapitals und

4. infolge der geringeren Wärmeverluste ein verminderter Koksverbrauch.

Allen diesen Vorteilen gegenüber stehen die Kosten für die Herstellung des Sauerstoffes. Bei den gewaltigen Windmengen, die in einen Hochofen eingeblasen werden, sind schon sehr große Sauerstoffanlagen nötig, wenn man den Sauerstoffgehalt des Windes auch nur um wenige Prozente erhöhen will. Da sich gerade beim Hochofenprozeß aus Versuchen in kleinem Maßstabe schwer einwandfreie Schlüsse ziehen lassen, so müßte der Versuch an einem normalen Ofen gemacht werden, und es gehört großer Mut dazu, um so gewaltige Summen an einen Versuch zu wagen. Immerhin haben sich schon viele hervorragende Hüttenleute für den Gedanken interessiert.

Auch bei der Stahlbereitung in der Birne würde man einen viel lebhafteren Gang erzielen, wenn sauerstoffreicher Wind eingeblasen würde.

Über das Verblasen von Kupfererzen in der Birne mit sauerstoffreichem Wind sind an der Technischen Hochschule in Aachen von Prof. Borchers und seinen Schülern Versuche angestellt worden, die ergeben haben, daß man ein höheres Ausbringen erzielt und auch noch Erze verarbeiten kann, die mit Luft nicht mehr verblasen werden können.

Ein weiteres bedeutendes Anwendungsgebiet für Sauerstoff bildet die Herstellung hochwertigen Wassergases in ununterbrochenem Betriebe. Das Wassergas wird bekanntlich bisher so gewonnen, daß die in einen Schachtofen gefüllten Kohlen zuerst durch Einblasen von Luft in helle Weißglut versetzt werden. Bläst man nun Wasserdampf hindurch, so zersetzt er sich in Wasserstoff und Sauerstoff, und letzterer bildet mit den Kohlen Kohlenoxyd. Bei der Anwendung von Luft muß das Einblasen mit Unterbrechungen geschehen, weil sonst das Gas zu sehr mit Stickstoff verdünnt würde. Nimmt man dagegen Sauerstoff, so kann man gleichzeitig und ununterbrochen Sauerstoff und Wasserdampf einblasen, erhält dann aber ein Gas, das reicher an Kohlenoxyd ist.

Während zur Herstellung von Wassergas in ununterbrochenem Betrieb nur Koks und Anthrazit verwendet werden können, ist beim ununterbrochenen Betrieb mit Sauerstoff fast jeder Brennstoff brauchbar. Es kann dabei die Temperatur des Brennstoffes während des Herabsinkens im Ofen so allmählich gesteigert werden, daß die wertvollen Stickstoffverbindungen, besonders das Ammoniak, sowie die organischen Bestandteile nicht zerstört, sondern wie bei der Leuchtgasfabrikation gewonnen werden. Versuche mit solchen Generatoren sind in Vorbereitung.

Größere Fortschritte sind in neuester Zeit auf einem verwandten Verwendungsgebiet für Sauerstoff zu verzeichnen, nämlich in der Beleuchtungstechnik. Das Drummondsche Kalklicht, bei dem ein kleiner Kalkkegel durch eine Knallgasflamme zur hohen Weißglut erhitzt wird, ist bereits seit 80 Jahren bekannt und jetzt noch bei tragbaren Bildwerfern, die von einer Quelle elektrischen Stromes unabhängig sein sollen, vielfach im Gebrauch.

Seit der Erfindung des Gasglühlichtes sind viele Versuche gemacht worden, durch Zufuhr von Sauerstoff die Temperatur des Glühstrumpfes zu steigern und damit nicht nur den Gasverbrauch für die Kerzenstunde, sondern auch die lästige Wärmewirkung und die Entwicklung der Kohlensäure zu vermindern. Der am besten durchgearbeitete Brenner für diesen Zweck ist wohl der von Nürnberg. Die Nürnberg-Lampe hat nur etwa den vierten Teil des Gasverbrauches des gewöhnlichen Gasglühlichtes und braucht etwa ebensoviel Sauerstoff wie Leuchtgas. Da man nun in großen Anlagen den Sauerstoff ungefähr zum gleichen Preise herstellen kann wie das Leuchtgas, so kommt das Sauerstofflicht um etwa die Hälfte billiger als das Gasglühlicht. Die Einführung in die Praxis wird dadurch sehr erschwert, daß man zwei getrennte Gasleitungen braucht: eine für das Leuchtgas und eine für den Sauerstoff, denn die Mischung darf erst im Brenner selbst stattfinden. Zurzeit bestehen zwei solche Beleuchtungsanlagen; die eine in Barmen ist an unsre Sauerstofffabrik angeschlossen und dient zur Straßenbeleuchtung, die andre befindet sich im Zoologischen Garten zu Berlin und hat ihre eigenen Sauerstoffapparate. Eine dritte Anlage ist in

einer Vorstadt von Görlitz in Ausführung begriffen.

Zum Schluß noch ein paar Worte über den Stickstoff. In den letzten Jahren ist ein Verfahren ausgebildet worden, aus Kalziumkarbid und Stickstoff Kalziumcyanamid herzustellen. Dies ist, wie es scheint, ein vorzügliches Düngemittel und findet sich jetzt schon in kleinen Mengen im Handel. Zur Einführung dieses Verfahrens hat sich zuerst in Berlin eine Cyanidgesellschaft, dann in Rom die Società generale per la cianamide gebildet. Die erste größere Anlage ist in Mittelitalien, in den Abruzzen, errichtet worden, zunächst für eine Tagesleistung von 10 t. Das Verfahren ist das folgende: Zunächst wird das Kalziumkarbid in Kugelmühlen fein gemahlen, dann in eisernen Retorten erhitzt, während Stickstoff in die Retorten eingeblasen wird. Hierbei bildet sich das Kalziumcyanamid. Die Anlage zur Herstellung des reinen Stickstoffes ist von der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen gebaut und liefert stündlich 125 cbm. Es mußte gewährleistet werden, daß der Stickstoff nicht mehr als 0,4 v. H. Sauerstoff enthalten werde. Zur Inbetriebsetzung der Anlage war ich selbst im November 1905 dort und habe mich überzeugt, daß der gewonnene Stickstoff so vollkommen frei von Sauerstoff ist, daß man mit der technischen Maßanalyse einen Sauerstoffgehalt überhaupt nicht mehr nachzuweisen vermag.

Über Paul Möller's „Untersuchungen an Drucklufthämmern".

Von Dipl.-Ing. **Erich Lesser.**

(Fortsetzung und Schluß.)

Zur Festlegung der Schlagzahl des Hammers ermittelt Möller sodann die Zeitdauer eines Kolbenhin- und -herganges nach der allgemeinen Gleichung $t = \int \frac{ds}{v}$, worin t die Zeit für den Hin- resp. Hergang bedeutet. Die diesem Integral entsprechende Kurve kann analog der v-Kurve punktweise konstruiert werden. Dieses Verfahren liefert jedoch für die Punkte ungenaue Werte, für welche bei einer Änderung des Weges um ds die zugehörige Geschwindigkeit v eine wesentliche Änderung erfährt. Das eine Ende der t-Kurve, für welches sich die Geschwindigkeit des Kolbens schnell dem Werte O nähert, muß daher auf andere Weise konstruiert werden:

Es werde die ungefähr zutreffende Annahme gemacht, daß für den genannten Teil der t-Kurve die zugehörige p-Kurve eine Gerade und Parallele zur Abszissenachse sei. Aus den Beziehungen:

$$\frac{mv^2}{2} = p \cdot F \cdot s \text{ und } t = \int \frac{ds}{v}$$

folgt alsdann durch Umrechnung

$$t = \frac{m}{p \cdot F} \cdot v_1.$$

Durch sachgemäße Anwendung der beiden Gleichungen für t erhält man die gestrichelten Kurven des Diagramms (s. Fig. 3, S. 47), welche ablesen lassen, daß die Zeit für den Hingang des Kolbens $t_1 = 13{,}05 \cdot \sigma$, für den Kolbenrückgang $t_2 = 27{,}54 \cdot \sigma$ ist ($\sigma = \frac{1}{1000}$ Sek.). Es wäre sonach für die Anhubperiode doppelt so viel Zeit wie für die Schlagperiode notwendig. Aus der Zeit für ein vollständiges Kolbenspiel $t = t_1 + t_2 = 40{,}59 \cdot \sigma$ ergibt sich die minutliche Schlagzahl des Hammers zu $\frac{60 \cdot 1000}{40{,}59} = 1480$. Der minutliche Luftverbrauch des Hammers beträgt somit $270{,}3 \cdot 1480 = \infty\ 400000$ ccm $= \infty$ 0,4 cbm.

Außer den bereits genannten Größen ist aus dem Diagramme noch die Größe des Kolbenweges zu $s = 44$ mm zu ermitteln.

Nach der rechnerischen Festlegung dieser Größen wurde sodann durch den Versuch die Genauigkeit der erhaltenen Werte geprüft.

Der Luftverbrauch zweier verschiedener Hämmer wurde vermittels Gasuhr bestimmt und ergab sich bei Verwendung eines stumpfen Meißels im Mittel zu 0,398 cbm/Min, bei Verwendung eines frisch geschliffenen Meißels zu 0,382 cbm/Min.

Die Ermittelung der Schlagzahl erfolgte dadurch, daß man den Hammer mit vorgesetztem Meißel auf eine langsam rotierende Riemenscheibe schlagen ließ, sodann die Anzahl der Kerben zählte und auf die Minute be-

zog. Es ergab sich hierbei für den ersten Hammer eine durchschnittliche minutliche Schlagzahl $z = 1468$ gegenüber $z = 1480$ der Rechnung. Daß die Schlagzahl des zweiten Hammers mit $z = 1282$ sich von dem errechneten Werte weiter entfernte, schreibt Möller Undichtigkeitsverlusten zu.

Die bisherigen Ermittelungen ergeben, daß mit einem Luftaufwand von 0,000243 cbm pro Doppelhub eine Schlagarbeit von 1,11 mkg geleistet werden kann oder daß einem Luftaufwand von 1 cbm eine Leistung von 4110 mkg entspricht. Weitere Ermittelungen zeigen, daß bei isothermischer Expansion der pro Hub aufgewendeten Luft bis zur Nulllinie eine Schlagarbeit von 2,63 mkg pro Arbeitshub erzielt werden könnte. Das Verhältnis $\eta_i = \frac{1,11}{2,63} = 0,422$ bezeichnet Möller als den theoretischen Wirkungsgrad des Hammers. Unter Berücksichtigung unserer früheren Einschaltung wäre $\eta_i = \frac{1,11 - {}^1/_{16} \cdot 1,11}{2,63} = 0,4.$

Um den Wirkungsgrad einer ganzen Druckluftanlage abzuleiten, legt Möller als Erfahrungswert für den Kraftbedarf eines Kompressors den vielleicht noch etwas niedrigen Wert von 2,5 P.S. für jeden Hammer mittlerer Größe zugrunde. Das würde bei 1480 Schlägen pro Minute eine Arbeit von 7,6 mkg pro Schlag ergeben und einen Wirkungsgrad der ganzen Anlage $\eta_{tot} = \frac{1,11}{7,6} = 0,146$ resp. $\frac{1,04}{7,6} = 0,137$.

Möller gibt keine Erklärung für die Ursachen des großen Unterschiedes zwischen dem totalen und dem theoretischen Wirkungsgrade ab, sondern beschränkt sich darauf, sich über den theoretischen Wirkungsgrad wie folgt zu äußern: „Dieser geringe Wert zeigt, wie berechtigt die Klagen über den großen Kraftverbrauch von Druckluftanlagen sind, und wie notwendig es ist, durch gute Instandhaltung der Leitungen und durch Wahl kurzer und weiter Schläuche die Kraftverluste zu vermindern ..... Wenn trotz alledem Druckluftanlagen sich vortrefflich bewähren und immer mehr an Verbreitung gewinnen, so ist das ein Beweis, daß, wenn es gilt, Handarbeit zu ersetzen, sich selbst dann wirtschaftliche Vorteile erzielen lassen, wenn der Kraftbedarf außerordentlich hoch ist."

Wir wollen den Möllerschen Sprung nicht mitmachen, sondern ein wenig bei den Ursachen des Widerspruches zwischen der theoretischen Ermittelung und den praktischen Resultaten verweilen. Wie ist der Abfall des Wirkungsgrades von 0,4 auf 0,137 zu erklären? Als Ursachen kommen zunächst in betracht die Verluste im Kompressor sowie die Verluste durch Abkühlung der Luft, durch Undichtheiten und Reibung in der Rohrleitung. Die Summe der Verluste läßt, insbesondere bei dem guten Wirkungsgrade der modernen Kompressoren, die Deckung des Unterschiedes als wenig glaubhaft erscheinen. Es bleibt als letzte Möglichkeit, daß das von Möller aufgestellte Diagramm nicht dem tatsächlichen vollkommen entspricht, sondern daß die Ein- resp. die Ausströmungsverhältnisse etwas anders liegen, als angenommen wurde. Der Fehler liegt meines Erachtens darin, daß Möller den Druckabfall während der Einströmperiode dadurch nicht in der richtigen Weise berücksichtigt, daß er sich zu streng an die Zeuner'schen Formeln hält. Diese setzen jedoch voraus, daß aus einem Raume I konstanten Druckes durch ein kurzes, verbindendes Rohr hindurch, Expansion in einen zweiten Raum hinein stattfindet. Als Raum I nimmt nun Möller für die Einströmperiode die Schlauchleitung an, als Raum II den Hammerzylinder, als Verbindungsleitung die Einströmkanäle. Durch diese Annahme sind jedoch Verhältnisse geschaffen, welche sich mit den Zeuner'schen Voraussetzungen nicht decken, da kurz vor dem Eintritt der Luft in den Hammer kein konstanter Druck herrscht, sondern da bei Öffnung der Einlaßkanäle infolge der Trägheit der Luft in der Schlauchleitung zunächst eine Expansion der kurz vor dem Zylinder befindlichen Luftsäule in den Zylinder hinein stattfindet, ehe ein Nachschub frischer Druckluft vom Luftbehälter her erfolgen kann. Die Expansion bedingt einen Druckabfall der Luft noch vor ihrem Eintritt in den Hammer. Möller berücksichtigt dieses Druckgefälle dadurch, daß er als Eintrittsdruck den Mittelwert aus den Angaben des pendelnden Manometerzeigers annimmt (s. früher). Das Manometer befindet sich jedoch an einer Stelle, die noch 40 cm vom Hammer entfernt ist und das Volumen des dieser Strecke entsprechenden Schlauch-



stückes spielt im Verhältnis zu dem pro Hub in den Zylinder eintretenden Luftvolumen immerhin eine beträchtliche Rolle. Da bezüglich des Druckverlustes beim Eintritt jedoch gerade die unmittelbar vor dem Hammer befindliche Luftsäule am meisten in Mitleidenschaft gezogen wird, so steht zu erwarten, daß hier der Druck noch tiefer sinkt als das Manometer ablesen läßt. Der Höchstdruck vor dem Hammer wiederum wird nur unbeträchtlich höher sein als an der Stelle, wo das Manometer eingeschaltet ist, da für die Erzeugung des Maximaldruckes die lebendige Kraft der ganzen in Bewegung befindlichen Luftsäule maßgeblich ist und da diese durch ein Stück von 40 cm nur unwesentlich erhöht wird. Das Fazit ist also: Der Druck unmittelbar vor dem Hammer ist niedriger als Möller angenommen hat.

Eine weitere und nach meinem Dafürhalten sehr wesentliche Druckerniedrigung bringen die Einlaßkanäle mit ihren verschiedenen Krümmungen mit sich. Wer Untersuchungen über den Einfluß von Rohrkrümmern auf die Luftströmung vorgenommen hat, kann leicht einen Rückschluß auf die Wirkung der Krümmungen in den Einlaßkanälen, durch welche die Luft mit großer Geschwindigkeit tritt, ziehen. Durch die Einführung des Koeffizienten 9/10 in die Gleichung für die Geschwindigkeit u ist der Einfluß der Krümmungen jedenfalls nicht genügend berücksichtigt.

Die Anwendung meiner Betrachtungen auf die Ausgestaltung des Diagramms ergibt eine Einströmkurve, welche unterhalb der Möllerschen liegt.

Die beim Durchströmen der Luft durch die Kanäle erzeugte Wärme geht zum Teil auf den Hammer über und ist, soweit sie nicht wieder an die Druckluft zurückgegeben wird, für die Ausnutzung im Hammer verloren. Aber auch die der einströmenden Luft übermittelte Wärme kann bei der geringen Expansionsmöglichkeit nur unwesentlich durch Hebung der Expansions- resp. Auspuffkurve ausgenutzt werden. Das Hammerdiagramm erhält sonach eine kleinere Arbeitsfläche und der Wert der Schlagarbeit ergibt sich geringer als nach den Möller'schen Berechnungen. Auch der theoretische Luftverbrauch des Hammers wird sich verringern, womit der Widerspruch fortfällt, daß trotz Vernachlässigung der Undichtigkeiten der theoretische Luftverbrauch größer als der praktische wird. Der Wert der errechneten Schlagzahl wird sich ebenfalls zugunsten des praktischen verschieben.

Möller spricht weiter von dem Einfluß des Kolbenrückpralles auf die Arbeit des Hammers und hebt die Tatsache hervor, daß mit abnehmendem Rückprall sich die Schlagzahl des Hammers verringert. Die nachfolgende Tabelle gibt diejenigen errechneten Werte wieder, welche sich nach Aufstellung von Diagrammen für verschiedene Rückprallhöhen ergeben.

Rückprall vom Hundert	Schlagstärke $\frac{mv^2}{2}$ in mkg	Schlagzahl pro Minute	Luftverbrauch q für 1 Hub in cbm	Spezifischer Luftverbr. $\frac{q}{\frac{m \cdot v^2}{2}}$ in cbm pro mkg	Spezif. Leistung $\frac{\frac{m}{2} \cdot v^2}{q}$ mkg pro cbm	Luftverbr. i. d. Min. reduz. auf atmosph. Spannung cbm
15	1,08	1290	0,000272	0,000252	3970	0,35
25	1,11	1480	0,000270	0,000243	4110	0,40
35	1,14	1613	0,000265	0,000232	4300	0,428

Die Tabelle zeigt uns, daß mit wachsendem Rückprall die Schlagstärke nur wenig steigt, die Schlagzahl jedoch erheblich zunimmt. Die Erkenntnis von der Erhöhung der Schlagzahl mit wachsendem Rückprall konnte man auch aus den vorhergehenden Versuchen schöpfen: Bei stumpfem Meißel ergeben sich größere Schlagzahlen und es leuchtet ein, daß in diesem Falle der Rückprall groß sein muß, da wenig Schneidarbeit geleistet wird.

Möller weist sodann darauf hin, daß eine Verwechslung des Rückpralles mit dem Rückstoß, den der Arm des Arbeiters bei der Bedienung eines Preßluftwerkzeuges erfährt, nahe liegen kann. Als Gründe des Rückstoßes nennt Möller

1. Das Abheben des Meißelbundes von der Hammerzylinderbüchse, welches durch Eindringen des Einsatzes in das Arbeitsstück bedingt wird.

2. Der wechselnde Druck auf dem Zylinderdeckel.

3. Bei mangelhafter Konstruktion das Anschlagen des Kolbens an den Zylinderdeckel.

Der erste Grund läßt sich durch kräftiges Andrücken des Hammers beseitigen. — Den Druckwechsel muß man allmählich vor sich gehen lassen, um den Rückstoß zu vermindern; hierzu kann man entweder die Einlaßkanäle

klein halten oder den schädlichen Raum des Hammers vergrößern. Beide Methoden bedingen eine Verringerung der spezifischen Leistung des Hammers. Der Besprechung des unter 3 genannten Übelstandes widmet Möller einen größeren Raum und geht sodann kurz auf den ventilgesteuerten Hammer ein.

Die beigegebene Zeichnung (Fig. 4) gibt die Diagramme eines Ventilhammers wieder. Der linke Nullpunkt gilt für das große Diagramm der

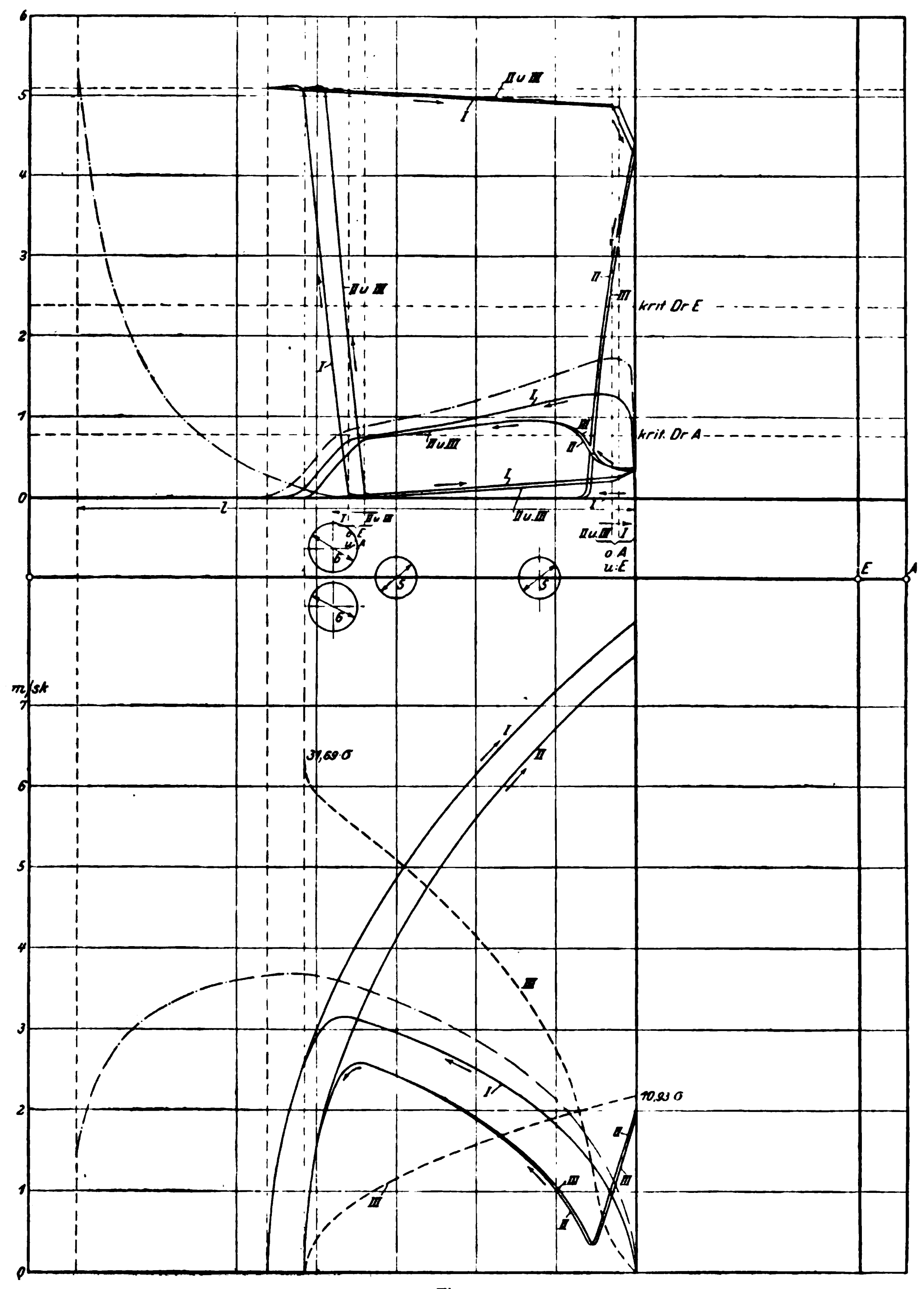


Fig. 4.

oberen Kolbenseite; für die untere Kolbenseite sind in der Figur 2 Nullpunkte E und A angegeben worden, von denen E für den Einlaß, A für den Auslaß gilt. Die Verschiedenheit der Lage ergibt sich daraus, daß beim Auspuff zu dem schädlichen Raum noch der Kanal hinzukommt, der nach der oberen Schieberfläche führt. Das untere Diagramm stellt wieder die Geschwindigkeiten resp. die Zeiten dar. Der Rechnungsvorgang ist ähnlich dem beim ventillosen Hammer: Es werden nach einander Kolbengeschwindigkeit, Zeit für einen angenommenen kleinen Kolbenweg, Luftgeschwindigkeit, Größe des ein- resp. ausströmenden Luftvolumens und Druckveränderung bestimmt. Ein Unterschied gegenüber der Rechnung beim ventillosen Hammer besteht darin, daß anstelle des konstanten Druckes auf die Ringfläche ein auf die volle untere Kolbenfläche wirkender, wechselnder Druck tritt. Das Diagramm für die untere Kolbenseite wird genau so wie das für die obere entworfen. Die Drücke auf die untere Kolbenseite werden durch Anwendung schwacher Kanäle gering gehalten.

Die Zeit, welche der Kolbenschieber zum Umsteuern braucht, ist vielen Zufälligkeiten unterworfen und wird durch Reibung und Erschütterungen insbesondere stark beeinflußt. Theoretische Betrachtungen sind hier nicht am Platze, Möller beschränkt sich darauf, die Zeit abzuschätzen und macht die Annahme, „daß unmittelbar, nachdem die steuernden Kanten des Arbeitskolbens die Löcher in der Zylinderwandung überschritten haben, der Druckausgleich für den Steuerschieber vor sich gegangen ist in der Weise, daß das eine Mal oberhalb des Schiebers Volldruck, das andere Mal der im Arbeitszylinder herrschende Druck plötzlich eintritt. Dann läßt sich die zur Verschiebung des Schiebers nötige Zeit aus der früher hergeleiteten Formel

$$t = \frac{m}{p \cdot F} \cdot v_1$$

berechnen. Dividiert man diesen Wert durch die mittlere Geschwindigkeit des Arbeitskolbens, so erhält man den Weg, den der letztere bis zu dem Zeitpunkt zurücklegt, wo die Umsteuerung erfolgt. Zur Vereinfachung ist schließlich angenommen, daß die Umsteuerung plötzlich in dem Augenblicke vollzogen ist, wo der Steuerschieber die Kanäle halb geöffnet hat."

Die scharfen Knicke im großen Diagramm kann man sich durch Abrundungen ersetzt denken.

Mit einer allgemeinen Betrachtung schließt die Möller'sche Abhandlung. Wir wollen uns dem Wunsche des Verfassers, daß die Praxis einigen Nutzen aus dem angegebenen Verfahren ziehen möge, anschließen, zweifeln allerdings daran, daß bei der großen Kluft, die zwischen Theorie und Praxis besteht, die Möller'sche Methode zur Festlegung von Hammerdiagrammen allgemeine Verbreitung finden wird.

Vakuum- und Pressluftentstäubung.*)

A. Vakuum contra Preßluft.

Luftstrahlapparate für Staubbeseitigung wirken entweder nur saugend oder saugend und drückend. — Im ersteren Falle wird bei den gebräuchlichen Vorrichtungen auf 5—7 Atm. gepreßte Luft durch einen Schlauch einem sich in der Hand des Reinigers befindlichen Werkzeug zugeführt, indem sie durch eine enge Düse mit großer Geschwindigkeit austritt und durch einen zweiten Schlauch vom Werkzeuge weg zu einem Filter geleitet wird. Durch die große Geschwindigkeit des Druckmittels beim Verlassen der Düse entsteht in der Umgebung dieser eine Saugwirkung, die das Eintreten von Luft in das Werkzeug, das auf diese Weise zu einem Sauger wird, verursacht. (s. Figur.) — Es bedarf überaus großer Energiemengen, um eine einigermaßen wirksame Luftverdünnung mit Luftstrahlgebläsen zu erzielen.

Daß der Strahlapparat eines der am unwirtschaftlichsten arbeitenden Mittel zur Staubbeseitigung ist, möge das im folgenden wiedergegebene Protokoll erhärten, das in der Berliner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft vormals L.

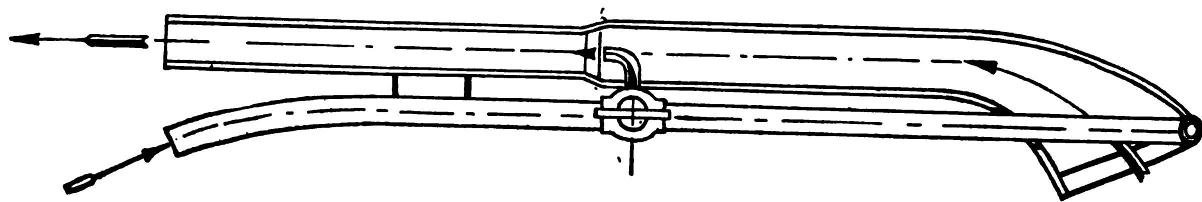
*) Um dem Leser die Bildung eines Urteils über die Zweckmäßigkeit der Vakuum- resp. Preßluftentstäubung zu ermöglichen, wollen wir zwei Firmen, welche in ihren Ansichten entgegengesetzte Standpunkte vertreten, das Wort lassen. Wir beginnen mit einem Aufsatze »Vakuum contra Preßluft« der uns von der »Vakuum Reiniger«, G. m. b. H., Charlottenburg, freundlichst überlassen wurde. (D. Red.)

Schwartzkopff am 15. Nov. 1904 aufgenommen wurde.

Wirkung und Ökonomie von Ejektoren betreffend.

Zur Beleuchtung der Frage, ob es vom technisch-wirtschaftlichen Standpunkte aus angängig sei, zur Erzeugung der bei Vakuum-Reinigungsapparaten nötigen Luftleeren statt einer Kolben- oder einer anderen Pumpe einen Ejektor zu benutzen, wurden zwei Versuche angestellt.

Zunächst wurde der Ejektor (Doppeldüsen-Ejektor für Hardy-Vakuumbremsen) an den Dampfkessel eines Thornycroft-Dampfwagens von 25 PS. Leistung angeschlossen. Es zeigte sich indessen, daß dieser Kessel für die zum Betriebe des Ejektors nötige Dampfmenge viel zu klein war und infolgedessen kein Dauerversuch angestellt werden konnte.



Daher wurde zum Zwecke eines zweiten Versuches der Ejektor an einen stationären Dampfkessel (Feuerrohrkessel mit einer Quervorlage und Tenbrinkfeuerung, Heizfläche 143 qm) angeschlossen. Der Ejektor war nunmehr im Stande, bei Anschluß an einen vollständig geschlossenen Filter ein Vakuum von höchstens 57 cm Hg. bei einem Barometerstand von 75,2 cm Hg. in diesem zu erhalten. Demgegenüber wird von unseren für Vakuumreinigerapparate verwendeten Kolbenpumpen unter gleichen Verhältnissen ein Vakuum von 70–74 cm Hg. (nach dem jeweiligen Barometerstand) erzeugt.

Es wurde sodann der Filter an eine von einem Elektromotor getriebene Zweizylinderkolbenpumpe angeschlossen und der Lufteintritt des Filters nur soweit geöffnet, daß im Filter sich ein Vakuum von 45 cm Hg. einstellte, also es wurden die Verhältnisse für normalen Betrieb beim gleichzeitigen Entstauben mit zwei Schläuchen hergestellt. Hierauf wurde der Filter, ohne daß die Größe der Eintrittsöffnung verändert worden wäre, an den Ejektor angeschlossen und die Menge des dem Ejektor zugeführten Arbeitsdampfes so reguliert, daß sich im Filter wieder ein Vakuum von 45 cm Hg. einstellte. So wurde erreicht, daß nunmehr der Ejektor mit derselben Luftmenge und gegen dasselbe Vakuum, d. h. unter denselben bei Entstaubungen in Frage kommenden Bedingungen arbeitete, wie vorher die Pumpe.

In einem 2½ stündigen Versuch wurde durch Messung des Speisewassers festgestellt, daß zum Betrieb des Ejektors eine Dampfmenge von 1130 kg in der Stunde nötig war. (Kesseldruck ca. 8,5 kg/qcm).

Zum Betrieb der Kolbenpumpe ist für eine gleiche Leistung ein durch zahlreiche Versuche ermittelter Energieverbrauch von 3,3 bis 3,4 KW erforderlich. Nimmt man nun für den Dampfverbrauch zur Erzeugung von 1 KW-Stunde den außerordentlich hohen Wert 12 kg, eine Größe, die überall da bedeutend unterschritten wird, wo die Entnahme der Energie von einem größeren Netze möglich ist, so ergibt sich eine zum gleichzeitigen Entstauben mit zwei Schläuchen nötige Dampfmenge von 40 kg, also weniger als der 28. Teil dessen, was ein Ejektor zur Leistung derselben Arbeit verbraucht.

Die Versuche haben also gezeigt, daß die Anwendung eines Ejektors zur dauernden Absaugung von Luft absolut unrationell ist, da das Verfahren nur unter Aufwendung von außerordentlich großen Dampfmengen duchrführbar, also im höchsten Grade unwirtschaftlich wäre.

Berlin, den 15. September 1904.

gez. Dr. Ing. A. Grießmann

(Berliner Maschinenbau-Akt.-Ges., vormals L. Schwartzkopff).

Vergegenwärtigt man sich die Umsetzungs- bezw. Übertragungsverluste, die entstehen, wenn die Energie des Dampfes in einem elektromotorisch angetriebenen Luftkompressor in Druckluft umgesetzt werden soll, so fällt das sich mit der Ökonomie der Luftstrahlgebläse befassende Urteil noch wesentlich ungünstiger aus.

Der größte Mangel der Strahlapparate ist der, daß sie unverhältnismäßig hohe Kosten für Energie beanspruchen. Ein fast ebenso großer Mangel ist aber, daß man mit zwei Schläuchen zu hantieren hat, wenn man nicht den Filter dem Reiniger auf den Rücken schnallen will, was aber diesen in demselben Masse behindern dürfte, als wenn er zwei Schläuche zu führen hätte. Dabei ist zu betonen, daß der eine Schlauch, der die Saugluft abführt, wegen seines großen Querschnittes sehr unhandlich ist.

Als weiterer Nachteil des Systems ist zu besprechen, daß der Filter nur ganz unvollkommen seiner Aufgabe gerecht werden kann, was besonders in die Erscheinung tritt, wenn er auf dem Rücken getragen werden soll, wo dem Konstrukteur hinsichtlich der Dimensionen Beschränkungen auferlegt sind. Soll ein Filter zweckentsprechend sein, so muß der Durchtrittsquerschnitt des Filters und der als Sammler ausgebildete Teil eine bestimmte Größe haben, die eine solche Herabsetzung der Luftgeschwindigkeit ergibt, daß auch die leichteren Verunreinigungen sich im Sammler absetzen, ohne mit dem eigentlichen Filter in Berührung zu kommen.

Der Querschnitt des Filters, der die Luft tatsächlich reinigt und bis zu seiner Auswechselung praktisch gleichmäßig arbeitet, läßt sich nicht mehr in tragbaren Apparaten unterbringen, weil die Abmessungen zu groß ausfallen würden. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß bei großer Durchschnittsgeschwindigkeit oder, was im Effekt dasselbe ist, bei kleinem Filterquerschnitt die Poren des Filters geweitet werden, wodurch der Zweck des Apparates mehr oder weniger illusorisch wird. Tatsächlich kann man auch nach mehrstündiger Arbeitszeit in dem Raum, in welchem ein Reiniger mit Luftstrahlgebläse arbeitet, der den Filter entweder auf dem Rücken trägt oder ihn in demselben Raum stehen hat, eine Belästigung durch Staub an den Augen konstatieren, sodaß man für dieses System den hygienischen Wert nicht besonders hoch schätzen kann.

Aber auch die Gründlichkeit läßt sehr zu wünschen übrig, weil man sich damit begnügen muß, den mehr oder weniger oberflächlich gelagerten Staub unter Aufwendung mäßiger Luftverdünnung zu entfernen, da die Kosten für größere Verdünnungen mit Strahlapparaten so hohe Werte annehmen, daß niemand dauernd eine solche unwirtschaftlich arbeitende Vorrichrichtung benutzen würde (als geringsten Kraftbedarf für einen sogenannten Möbelbläser gibt die Firma Borsig 4 PS. für den Kompressor, der die Luft auf 7 Atm. zu drücken hat, an). Der maximale Kraftbedarf eines Saugers von ca. 200 mm Spaltweite beträgt bei unserem System nicht einmal 2 PS., also weniger als die Hälfte.

Es ist hierbei zu konstatieren, daß also einerseits der Kraftbedarf eines gebräuchlichen Luftstrahlgebläses einmal doppelt so hoch als der Kraftbedarf eines „Vakuumreinigers“ ist, der überdies in derselben Zeit mindestens das Dreifache leistet, abgesehen davon, daß er noch die Arbeit zum Transport des Staubes durch eine relativ bedeutend längere Rohrleitung zu leisten hat.

Das Eingeständnis der Schwäche des Luftstrahlsystems ist die Zuhilfenahme von Druckluft, die am Rande des Saugwerkzeuges auf die zu entstaubenden Gegenstände einwirkt, während in der Mitte Saugwirkung herrscht. Durch die Mitwirkung von Druckluft wird die Wirkung um nichts verbessert, wohl aber verschlechtert, denn es ist ohne weiteres einzusehen, daß die Druckluft in hygienischer Hinsicht großes Unheil anrichten kann, wenn sie an dem Staube rührt, der für die Saugwirkung desselben Werkzeuges nicht mehr erreichbar ist. Er wird unbedingt nur aufgewirbelt, und wenn die Druckwirkung genügend groß ist, unter dem Teppich fortgedrückt. Durch die angegebene Kombination läßt sich lediglich eine geringfügige Reduktion der Betriebskosten gegenüber dem Arbeitsaufwand bei ausschließlicher Erzeugung von Saugluft erreichen.

Die Führung des Luftstrahlgebläses ist übrigens nicht so einfach. Wenn der Reiniger das Strahlgebläse nicht fortwährend auf den zu entstaubenden Gegenstand aufliegen läßt, so kann Druckluft auf die Oberfläche beispielsweise des Teppichs treten und den Staub im Zimmer umherblasen.

Fassen wir noch einmal die Nachteile der Staubsaugevorrichtung mittels Strahlapparaten zusammen, so haben wir:

1. mindestens doppelte Betriebskosten gegenüber dem weit gründlicheren „Vakuumreiniger",

2. unvollständige und hygienisch nicht einwandfreie Leistung,

3. schwere Hantierung wegen der Sperrigkeit des eigentlichen Gebläses, verbunden mit zwei Schläuchen, sodaß kaum daran gedacht werden kann, die Reinigung weiblichen Personen zu übertragen,

4. geringere Lebensdauer des Kompressors, der einer weit größeren Beanspruchung (im Mittel durch 6 Atm. Druck) ausgesetzt ist als eine Vakuumpumpe, die betriebsmäßig nur gegen $^1/_2$ Atm. zu komprimieren hat.

(Fortsetzung folgt.)



Wissenschaftliche und technische Mitteilungen.



Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung von verflüssigtem Sauerstoff und verflüssigtem Stickstoff. Von Prof. Dr. Leo Grunmach. (Sitzungsberichte der Akad. d. Wiss. 1906, H. 37/38, S. 679.)

Die Untersuchungen des Verfassers sind eine Fortsetzung seiner Arbeiten über die Bestimmung des Molekulargewichtes verflüssigter Gase mit Hilfe der Oberflächenspannung und der kritischen Temperatur.[1]) Der flüssige Sauerstoff (bezogen von der Aktiengesellschaft für Markt- und Kühlhallen Berlin) und der flüssige Stickstoff erwiesen sich nach Siedepunktsbestimmungen als rein. Der Stickstoff, durch Rektifikation flüssiger Luft und Verdichtung mit Hilfe dieser gewonnen, war durch Herrn Prof. Dr. v. Linde in München vermittelt.

Die Siedepunktsbestimmung des flüssigen O ergab den Wert — 182,65 bei 722,22 mm Hg, der nach Abzug einer von Holborn ermittelten Korrektur, wonach für 18,86 mm Hg in der Nähe des Siedepunktes 0,56°C abgerechnet werden, mit den Beobachtungen anderer Forscher sehr gut übereinstimmt. (Holborn — 182,7 bei 760, Dewar — 187,5). Die Siedetemperatur des flüssigen N lag bei —195,9° für 749, 1 mm Hg (nach Fischer und Alt für —196,176°C, bei 714,5 mm Hg und —195,67° C bei 760 mm Hg).

Zur Berechnung der Oberflächenspannung dient die allgemeine Formel

$$\alpha = \frac{\sigma \cdot n^2 \cdot \lambda^3}{2\pi} - g\,\frac{\lambda^2 \cdot \sigma}{4\pi^2}\ \text{Dyn/cm}$$

worin σ = Dichte; n = Schwingungszahl; λ = Wellenlänge; g = Erdbeschleunigung bedeutet. Für die Dichte des flüssigen O bei Siedetemperatur — 182,65°C nimmt Verfasser den Wert 1,135 an (Änderung pro 1°C um 0,005, nach H. H. Baly und Donnan) und bestimmt aus 4 Versuchsreihen zu je 10 Einzelbeobachtungen, deren jede 12—15 Intervalle umfaßt, mit guter Übereinstimmung der Werte für $\frac{r}{2}$, die Oberflächenspannung der flüssigen O zu $\alpha_{(o)} = 13{,}074$ dyn/cm $\pm$ 0,066 und spez. Kohäsion $a^2_{(o)} = \frac{2\alpha}{\sigma} =$ 23,038.

Die Dichte des flüssigen N bei — 195,9°C zu 0,791 angenommen, ergibt für $\alpha_N = 8{,}514$ dyn/cm $\pm 0{,}020$ und für $\alpha^2_N = 21{,}527$. Diese Werte für O und N stimmen mit den aus flüssiger Luft gewonnenen früheren Werten des Verfassers gut überein.

Bedeutet nun Θ die kritische Temperatur, T die Siedetemperatur des verflüssigten Gases, so ergibt sich dessen Molekulargewicht im flüssigen Zustand unter Benutzung der Formel

$$M = \sigma \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 227 \cdot (\Theta - T)}{\alpha}\right)^3}$$

für Θ_O zu —118°C $M_{(o)} = 41.51$ i. M.

für Θ_N zu —146°C $M_{(N)} = 37.30$ i. M.

Darnach schließt sich O und N im verflüssigten Zustande dem allgemeinen Verhalten einfacher Körper wie fl. Chlor, Brom, Argon und Wasserstoff an, die im Gegensatz zu zusammengesetzten Stoffen wie NH_3, SO_2, N_2O, CO im flüssigen Zustande assoziieren, während letztere gleiches Molekulargewicht als Gas und Flüssigkeit besitzen.

Verfasser weist noch auf folgende Beobachtung hin. Bedingung für scharfes Hervorbringen der Kapillarwellen durch eine vorsichtig erregte Stimmgabel ist peinlichste Reinheit der in die Flüssigkeit eintauchenden Spitzen, sowie der

[1]) Vgl. Berichte der Akad. d. Wiss. 1900, S. 829, 1901, S. 914, 1904, S. 1198.

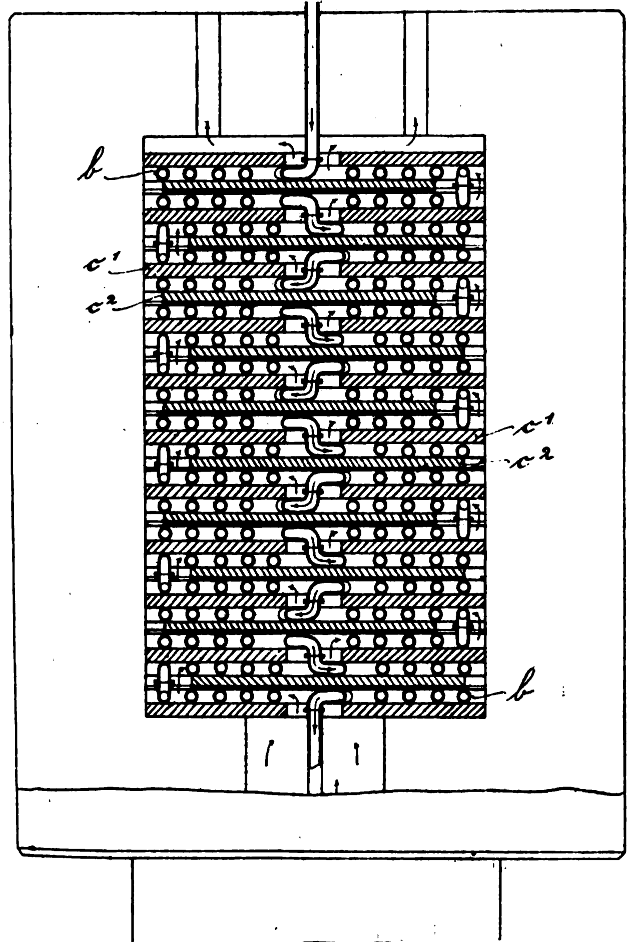
Dewar'schen Gefäße, die möglichst erschütterungsfrei auf Dreifüße montiert sind. Bei sonst gleicher Versuchsanordnung und Beobachtungsmethode, wie bei den früheren Versuchen, war eine mit längeren Platinspitzen von der Phys.-Techn. Reichsanstalt bezogene Stimmgabel mit geringerer Schwingungszahl wie früher verwandt ($n_t = 156{,}94 - 0{,}016\ (t - 19^\circ C)$. Durch die größere Leitfähigkeit des Platins für die Zimmertemperatur trat das Leidenfrost'sche Phänomen intensiver auf wie bei Verwendung von Stahlspitzen. Dadurch war ein periodisches Entstehen und Verschwinden von Gasbläschen an den Spitzen der eingetauchten Stimmgabel verursacht. Dies ruft einen deutlich erkennbaren Ton der Stimmgabel ohne vorherige Erregung hervor; welche Erscheinung bei tieferem Eintauchen, wobei der Ton sprungweis höher wird, dann verschwindet, wenn das Leidenfrost'sche Phänomen durch genügend tiefes Eintauchen der Spitzen nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. H. A.



Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



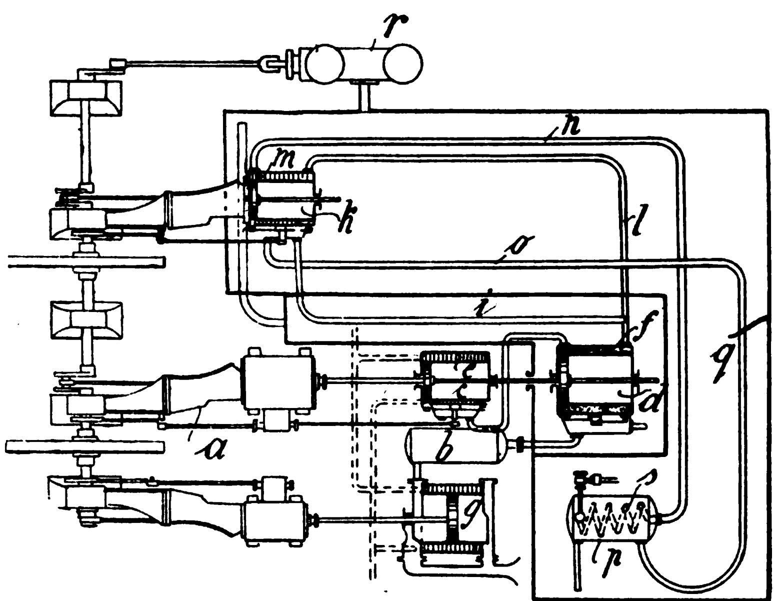
Gegenstromkühler mit übereinander angeordneten Rohrspiralen für Luftverflüssigungsvorrichtungen. „Drägerwerk" Heinrich und Bernhard Dräger in Lübeck. D. R.-P. No. 179 793.



Dieser neue Kühler erfüllt die Forderung, daß die zurückströmende entspannte Luft die Außenwände der Windungen auf möglichst langem Wege vollkommen bespült, um einen möglichst vollkommenen Wärmeaustausch der in den Windungen befindlichen hochgespannten Luft mit der zurückfließenden entspannten Luft zu erzielen, wobei im Innern der Anordnung den Wärmestrahlen von einer Rohrlage zur anderen möglichst der Weg zu verlegen ist. Außerdem erfüllt er die Bedingung, daß die ganze Anordnung in möglichst engem Raum zusammengedrängt ist, um sie leicht verpacken und so gegen das Eindringen der äußerst schädlichen Außenwärme schützen zu können. Diesen Bedingungen entspricht der Kühler in der Weise, daß zwischen je zwei Spirallagen b der Rohrschlange abwechselnd einmal eine Metallscheibe c^1 mit mittlerer Öffnung für den Durchtritt der Luft und des Verbindungsstutzens und das andere Mal eine Vollscheibe c^2 mit Ausschnitten am Umfang für denselben Zweck angeordnet sind. Die Vollscheibe c^2 ist an ihrer Oberfläche mit schützenden und widerstrahlenden Mitteln ausgestattet. Man kann sie z. B. ganz aus Glas herstellen und unten mit Spiegelbelag versehen, oder aus Metall fertigen, ihre Oberfläche polieren und mit einem durchsichtigen schützenden Stoffe belegen. Zweck dieser Anordnung ist es, die Strahlungswärme durch die Spiegelung, die Berührungswärme durch das Glas als Körper mit schützenden Eigenschaften von außen fernzuhalten.

Luftverflüssigungs- u. Sauerstoffgewinnungsverfahren mit teilweiser Wiedergewinnung der aufgewandten Arbeit. Rudolf Mewes in Berlin. D. R.-P. No. 179 782. Die neuen technischen Wirkungen, welche durch dieses Verfahren gegen-

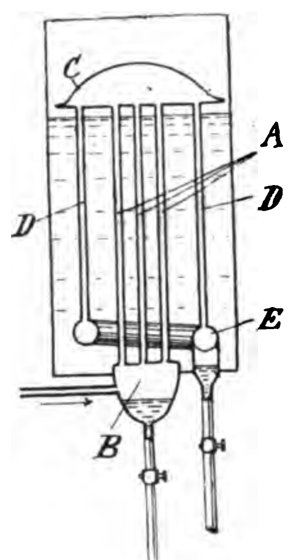
über älteren, die expandierten Gase nach geleisteter Arbeit unter Atmosphärendruck abführenden Luftverflüssigungsverfahren erzielt werden, bestehen erstlich darin, daß infolge des stärkeren Druckabfalles der Temperatursturz ein entsprechend höherer wird, daß zweitens die Kraftmaschine nicht zum Stillstand kommen kann, wie dies bei anderen ähnlichen Vorrichtungen infolge stark sinkender Temperatur geschehen muß, drittens aber auch darin, daß die verflüssigten Gase, welche ja teilweise im Verfahren selbst wieder verdampfen, unter geeignetem Unterdruck unter einer Atmosphäre, und zwar in dem Mengenverhältnis der Dampfspannungen der Bestandteile des Flüssigkeitsgemisches abgedampft werden. Beispielsweise hat nach Versuchen von Dewar, Estreicher, Baile, Olszewski (vergleiche Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase, II. Jahrg. Heft 12, S. 188) bei — 195° der Stickstoff eine Dampfspannung von 147 mm, der Sauerstoff eine solche von 142 mm. Durch Schaffung von Unterdruck über einer Flüssigkeit wird nun aber, wenn nicht genügend Wärme zur Verdampfung der abgegesaugten Flüssigkeitsmengen zugeführt wird, alsbald die Flüssigkeitstemperatur erniedrigt. Es leuchtet ein, daß nach vorliegendem Verfahren, da die Temperaturerniedrigung durch Schaffung von Unterdruck mittels einer Saugpumpe leicht bis — 200° oder noch weiter erniedrigt werden kann und bei diesen Temperaturen das Spannungsverhältnis der Dämpfe beider Flüssigkeitsbestandteile größer als 740/142, also größer als 5 ist, schon über fünfmal so viel Stickstoff als Sauerstoff verdampfen muß. Dies Verhältnis wird mit sinkender Temperatur immer größer und ist nach Olszewski bei 214° = 60/3,8 = 16. Bei Schaffung eines Vakuums von 60 mm, was technisch leicht zu erreichen ist, würde somit 16mal so viel Stickstoff als Sauerstoff abgedampft werden, also fast nur Stickstoff verdampfen. Mittels dieses Verfahrens ist man imstande, unmittelbar fast reinen, flüssigen Sauerstoff und durch dessen Destillation entsprechend reinen gasförmigen Sauerstoff zu gewinnen. In der Zeichnung ist



eine nach vorliegendem Verfahren arbeitende Luftverflüssigungsanlage schematisch dargestellt. In dem Kompressionszylinder g wird die angesaugte gesamte, vorher vom Wasserdampf befreite Gasmenge z. B. auf 5 Atmosphären unter möglichster Kühlung komprimiert und in den Behälter b gedrückt. Aus dem Behälter b saugt der kleine, mit Kühlmantel e versehene Kompressionszylinder c, dessen Größe passend zu wählen ist, einen Teil des Druckgases an, komprimiert ihn auf 25 Atmosphären und drückt die noch gespannte kalte Gasmenge in den Mantel f des Expansionszylinders d, welcher aus dem Behälter b gespeist wird und einen Teil der auf 5 Atmosphären komprimierten Gasmenge unter Arbeitsleistung expandieren läßt. Infolgedessen tritt eine starke Temperaturerniedrigung ein, wodurch die Zylinderwandungen und auch die im Zylindermantel f enthaltenen hochgespannten Gase stark abgekühlt werden, die Auspuffgase des Expansionszylinders D gelangen in einen denselben umschließenden isolierten Kasten, aus welchem sie mittels einer Saugpumpe ins Freie geschafft werden, so daß hinter dem Auspuff des Zylinders d Unterdruck entsteht und der Druckabfall und damit die Temperaturerniedrigung erhöht wird. Ein Teil der hochgespannten, im Mantel f abgekühlten Gasmenge wird nunmehr durch Leitung i, welche durch den Kasten n geführt und durch die kalten Auspuffgase des

Zylinders d weiter abgekühlt wird, in den zweiten Expansionszylinder k geleitet, während der andere Teil der in f stark abgekühlten hochgespannten Gasmenge durch Leitung l in den Mantel m des Zylinders k und nach Abkühlung hierselbst durch Leitung n in einen Nachkühler p geleitet, durch welchen das Ableitungsrohr n in Schraubenwindungen s hindurchgeht. Die abziehenden kalten Auspuffgase bewirken infolge dieser Vorrichtung noch eine weitere Kühlung für das hochgespannte Gas und werden sodann in den Kasten q geleitet, welcher den Nachkühler p und den zweiten Expansionszylinder, samt den Leitungen n und o einschließt; aus diesem werden sie durch Saugpumpe r zugleich mit den Auspuffgasen des ersten Expansionszylinders d abgesaugt, so daß auch hinter dem Auspuff des Zylinders k Unterdruck entsteht, der Druckabfall also noch wesentlich größer als im ersten Falle und damit die Temperaturerniedrigung eine noch erheblich höhere wird. Die in dem Schraubenrohr s der Leitung n sich verflüssigende hochgespannte Luft bezw. Gasmenge läßt man durch einen Flüssigkeitsabscheider in den Nachkühler p bezw. in einen den unteren Teil der Spirale s umschließenden, mittels besonderer Saugpumpe auf Unterdruck zu erhaltenden Raum desselben, wenn man stickstoffreiches Gemisch getrennt gewinnen will, eintreten, so daß durch die Verdampfung eines Teiles dieser Flüssigkeit infolge des dort herrschenden Vakuums die Temperatur derselben und schließlich der in der Spirale befindlichen flüssigen Luft sich auf die diesem Vakuum entsprechende Temperatur erniedrigt.

Vorrichtung zur Verflüssigung und Trennung von Gasgemischen. L'air Liquide, Société anonyme pour l'etude et l'exploitation des procédés Georges Claude in Paris. D.-R.-P. Nr. 179950. Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur fraktionierten Verflüssigung von Luft, welche aus zwei Rohrsystemen A und D besteht, die in flüssige Luft oder in flüssigen Sauerstoff eingetaucht sind (s. Figur). Die Rohrsysteme sind oben durch eine Haube C miteinander verbunden und endigen unten in gefäßartigen Erweiterungen B und E, an welchen Anschlüsse für die Zufuhr des Gasgemisches und den Auslaß vorgesehen sind. Das erste Rohrsystem wird mit kalter Luft unter Druck gespeist, die sich teilweise verflüssigt. Das gasförmig bleibende und entweichende Gas wird sodann in dem zweiten Rohrsystem verflüssigt. Gemäß den bei der teilweisen Verflüssigung unter Zurückströmen der verflüssigten Teile stattfindenden Vorgängen besteht dieser verflüssigte Teil aus einer sauerstoffreichen Flüssigkeit, deren Sauerstoffgehalt je nach den vorherrschenden Bedingungen zwischen 30 und 50 v. H. schwankt. Der gasförmige, sauerstoffarme Rückstand aus diesem Verflüssigungsvorgang steigt in dem Gassammler C auf und gelangt in das zweite Rohrsystem D, wo er verflüssigt wird, während sich die Flüssigkeit im Sammler E ansammelt. Diese sauerstoffarme Flüssigkeit kann für die geeigneten Zwecke, am besten für die Herstellung von reinem Stickstoff, benutzt werden, etwa zur Rektifikation der Dämpfe, welche der mit der im Gefäß B angesammelten Flüssigkeit bewirkten Rektifikation entstammen.



 Kurze Mitteilungen. 

Marcellin Berthelot †. Der Tod hat in den letzten Wochen reiche Ernte unter den hervorragenden Chemikern gehalten. Den Russen Mendelejew und Menschutkin, dem Franzosen Moissan und dem Niederländer Roozeboom ist nun auch Marcellin Berthelot im Alter von 80 Jahren ins Grab gefolgt. Sein Lebenswerk ist ausgezeichnet ebensosehr durch eine fast unermeßlich erscheinende Anzahl bedeutender Einzelarbeiten, wie durch große befruchtende Gedanken, die die verschiedensten Zweige der wissenschaftlichen Chemie richtunggebend beeinflußten. In seiner Jugend hat er sich mit großem Erfolg der organisch synthe-

tischen Richtung der chemischen Forschung gewidmet. Später wandte er sich mehr der physikalisch-chemischen Forschung zu und beschenkte die Wissenschaft mit zahlreichen, besonders die Thermochemie betreffenden Arbeiten. Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten brachte er der Gründung unserer Zeitschrift reges Interesse entgegen. Von Anfang an stellte er seine Mitarbeit in den Dienst unseres Unternehmens und mehrfach hatten wir Gelegenheit, Beiträge aus seiner Feder zu veröffentlichen. Es sind hier besonders die Arbeiten über die Explosionsmöglichkeit von komprimiertem, flüssigem und gelöstem Azetylen, wie auch seine Bemerkungen über die Verunreinigungen des komprimierten Sauerstoffs zu nennen. So bedeutungsvoll diese Arbeiten auch sind, so stellen sie doch nur einen ganz winzigen Anteil des umfassenden Lebenswerks Berthelots dar. Die zahlreichen Arbeiten, die ein langes Leben ihm hervorzubringen gestattete, sind Marksteine in der Entwicklung unserer Wissenschaft, die seinen Namen für immer mit der wissenschaftlichen Chemie verbinden.

Neue Sauerstoff-Fabrik. Unter der Firma „Österreichisch-ungarische Sauerstoffwerke G. m. b. H." wurde in Wien eine Gesellschaft gegründet, deren Zweck die Herstellung von Sauerstoff nach dem Patente des Professors Linde ist. Der Sauerstoff soll zur Erzeugung hoher Temperaturen für die Eisen- und Stahlindustrie nach dem Patentverfahren für autogene Schweißung von Fouché in Paris, ferner für medizinische und technische Zwecke verwendet werden. Das Unternehmen wurde von der Firma J. Medinger & Söhne, Herrn Karl Faber und der Internationalen Sauerstoffgesellschaft in Berlin errichtet. Die österreichische Fabrikanlage ist im Wiener XIII. Bezirke bereits im Bau, und die Schaffung eines Etablissements in Ungarn soll in naher Zeit in Angriff genommen werden. Mit der Geschäftsführung wurde der Chemiker Dr. Siegmund Saubermann, mit der kommerziellen Leitung Herr Eduard Medinger jun. betraut.

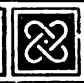
Verbrauch der Kältemaschinen an Kühlmedium. Der Herausgeber der Zeitschrift „Eis- und Kälte-Industrie" hat im Herbst des vergangenen Jahres eine Umfrage an 2620 Kühlmaschinenbetriebe der verschiedenen Systeme betr. ihren Verbrauch an Kühlmedium gerichtet. Von brauchbaren Antworten liefen nur 78 ein und zwar Auskünfte über 47 Ammoniak-Kompressionsmaschinen, 12 Schwefligsäuremaschinen und 19 Kohlensäuremaschinen. Das Endergebnis findet sich in folgender Tabelle zusammengestellt.

Jahresverbrauch
an Kältemedium für 1 Million Cal.-Stunden.

Gesamtleistung der Anlage pro Jahr in Millionen Cal.-Stunden.	Ammoniak		Schwefligsäure		Kohlensäure	
	kg	M. 1 kg—1,50	kg	M. 1 kg—0,30	kg	M. 1 kg—0,40
über 2000	0,1	0,15			1,6	0,64
500 bis 2000	0,2	0,30	0,25	0,075	1,7	0,68
100 „ 500	0,3	0,45	0,6	0,18	2,0	0,80
50 „ 100	0,6	0,90	2,0	0,60	2,5	1,00
unter 50	1,0	1,50				
10 bis 50			3,0	0,90	4,5	1,80
unter 10			4,0	1,20		
5 bis 10					9,0	3,60
1 „ 5					16,0	6,40
unter 1					25 bis 40	10,00 bis 16,00



Zeitschriften- und Bücherschau.



Physik und Chemie.

Materie, Energie und Äther. Von Konstantin D. Zenghelis. Antrittsvorlesung bei Übernahme der Professur für Chemie in Athen. (Naturwissenschaftl. Rundschau 22, S. 65, 81, 1907.)

Leçons sur la Viscosité des Liquides et des Gaz. Von M. Prillouin. (I. Généralités, viscosité des liquides. Paris 1907.)

Über die innere Reibung zäher Flüssigkeiten und ihre Abhängigkeit vom Druck. Von Rud. Ladenburg. (Annal. d. Phys. 22, S. 287.)

Kälte-Industrie.

Bildliche Darstellung der Arbeitsvorgänge und Zustandsänderungen des Kältemittels in allen Teilen der Kompressionskältemaschine. Von Gustav Döderlein. (Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 52, S. 257, 1907.)

Anwendbarkeit von Salzsole für tiefe Temperaturen. Von C. Schmitz. (Eis- und Kälteindustrie 8, S. 65.)

Horse Power per ton of Refrigeration for Ammonia Compression Machines. Von Thomas Shipley. (Cold Storage, 17. Jan. 1907.)

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.

Druck von F. Roltsch in Weimar.

Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.
Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete
herausgegeben von
Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler,** Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 7. **April 1907.** **X. Jahrgang.**

Die „**Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie**" erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar,** die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Ein neuer Motor mit adiabatischer Entspannung zur Herstellung flüssiger Luft.*)

Von **Raoul Pictet.**

Nach zahlreichen Versuchen mit Turbinen ging ich zu Versuchen über, die auf der Anwendung eines ganz neuen Motors beruhten, der die Anwendung der adiabatischen Entspannung trockener komprimierter und abgekühlter Luft gestatten sollte, um große Mengen flüssiger Luft zu erhalten. Diese in Berlin und in Mailand angestellten Versuche haben uns wertvolle Fingerzeige für die allgemeine Theorie der Luftverflüssigungsapparate geliefert.

Beschreibung des Motors.

Zunächst geben wir eine genaue Beschreibung des angewendeten Motors, der in der Tat überaus einfach ist:

Der Bewegungskolben empfängt die trockene komprimierte und abgekühlte Luft zufolge automatischer Öffnung eines Kegelventils. Dieses sehr genau gearbeitete Ventil hat nur einen Spielraum von 4 mm und einen Durchmesser von 23 mm. Der Durchmesser des Zylinders beträgt 106, der Kolbenhub 350 mm. Wenn der Kolben in Bewegung ist, so läßt er Öffnungen frei, die kranzförmig in der dicken Wandung des Zylinders gebohrt sind. Die Luft kann also bis auf atmosphärischen Druck entweichen. Ein Entweichungsventil gestattet der in dem Zylinder verbleibenden Luft, am Boden des Zylinders herauszugehen. Dieses Ventil wird durch einen auf der Welle des Motors angebrachten Exzenter betätigt. Um den Zylinder empfängt eine zylindrische Hülle aus Kupfer die Gase bei ihrem Entweichen, sowie die während des Betriebes verflüssigte Luft.

Die verflüssigte und die nichtverflüssigte Luft gehen durch eine dicke Kupferröhre von 100 mm Durchmesser in ein Reservoir, das am unteren Ende eines röhrenförmigen kupfernen Austauschers angebracht ist. Dieser Austauscher steht vertikal und ist in einem kurzen Abstande vom Motor angebracht. Der Austauscher besteht aus einem System kupferner paralleler Röhren von kleinem Durchmesser.

Die trockene komprimierte, durch eine mächtige Kältemaschine abgekühlte Luft kommt am oberen Ende des Austauschers an. Ein Wasserstoffthermometer gibt genau die Temperatur der Luft beim Eintritt in den Austauscher an. Ein anderes Wasserstoffthermometer gibt die Temperatur dieser komprimierten Luft am unteren Ende des Austauschers vor ihrem Eintritt in den Motor mit adiabatischer Entspannung an. Ein drittes Wasserstoffthermometer gibt die Temperatur der Luft nach ihrem Austritt aus dem Motor in der Doppelhülle an, welche sie aufnimmt und ins Reservoir führt. Ein viertes Wasserstoffthermometer endlich gibt die Temperatur der nicht verflüssigten Luft

*) Fortsetzung und Schluß der Abhandlung: „Theorien und Verfahrungsweisen bei der Herstellung der flüssigen Luft" d. Z. IX, 51, 67, 92, 99, 115, 147, 184.

beim Austritt aus dem Austauscher an, welche in Windungen von unten nach oben wieder aufsteigt und ihre Temperatur mit derjenigen der komprimierten Gase, welche in den Windungen von oben nach unten gehen, austauscht.

Charakteristisch für unsern Motor sind noch folgende Anordnungen.

Der ganze Motor besteht aus 2 Teilen:

Der erste Teil besteht aus dem Stellkreuz, dem Wellbaum, den Scheiben, und einem Gestell, welches alle Teile des Motors verbindet. Dieser äußere, sichtbare Teil befindet sich auf der Temperatur des Laboratoriums.

Vier starke Stahlstangen von fast 800 mm Länge verbinden diesen äußeren Teil mit dem Zylinder, in welchem der Bewegungskolben arbeitet. Die Kolbenstange ist von einer langen metallischen Hülle umgeben, die mit einer Stopfbüchse endigt, welche durch die Flamme eines Gasbrenners oder einer Spirituslampe auf passender Temperatur gehalten wird. Die Stopfbüchse befindet sich in einem heißen Ölbad, und dieses Ölbad eben wird durch die Gas- oder Spiritusflamme geheizt.

Der Zylinder ist ebenso wie sein Gestell schräg zur Horizontalen angeordnet. Er liegt etwa 60 cm tiefer als die Achse des Motors. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese schräge Lage ausgezeichnet ist, um eine Verbindung der tiefen Temperaturen mit den Verbindungsstangen und der Stopfbüchse zu verhindern.

Die Entspannung wird durch ein Eintrittsventil reguliert, dessen Öffnung durch 2 Bolzen veranlaßt wird, welche die Länge, auf die hin das Gas ohne Druck eingelassen wird, bestimmen. Diese Regulierung kann während des Betriebes geschehen. Eine Zentrifugalpumpe wird von einem starken Riemen, der über das Stellkreuz läuft, angetrieben. Durch den Gang der Pumpe erhält man einen beträchtlichen Wasserstrom, wobei das Wasser im unteren Raume des Reservoires angesaugt wird und dann im vollen Strahl nach dem oberen Teile strömt. Diesem Strom kann man durch ein Ventil einen beliebigen Druck zwischen 0 und 2 Atm. geben.

Bei normalem Gange haben wir einen Luftkompressor, der genau 800 cbm stündlich bei einem Druck von 4½ Atm. ergibt. Ein Compoundkompressor saugt diese Luft unter diesem Druck von 4½ Atm. an und bringt sie auf 21 oder 22 Atm. Der 2. Zylinder des Compoundkompressors saugt die auf 22 Atm. komprimierte Luft an und bringt sie auf 55–60 Atm. Enddruck, der für alle unsere Anwendungen ausreicht. Nach jeder Kompression wird die durch die Kompressionsarbeit erwärmte Luft in einer langen Schlange, die in Brunnenwasser taucht, gekühlt.

Zufolge dieser Anordnung kommt die Luft mit + 15° in jeden Zylinder zurück, wo sie eine neue Kompression erfährt. Die auf 55–60 Atm. komprimierte und dann auf + 15° in der Schlange, welche in die mit strömendem Wasser angefüllte Wanne taucht, abgekühlte Luft dringt in einen Trockner von besonderer Konstruktion ein. Derselbe trocknet die komprimierte Luft vollständig, erniedrigt ihre Temperatur auf etwa — 65 bis — 75° und filtriert sie beim Austritt sehr stark, bevor er sie den vor dem adiabatischen Motor befindlichen Austauscher erreichen läßt.

Die Gase verflüssigen sich in dem Motor teilweise, und der nicht verflüssigte Teil steigt in dem Austauscher auf, um zu den Kompressoren zu gelangen. Wir haben die störende Wirkung der Kohlensäure vollkommen beseitigt, indem wir den neuen Luftmotor nur mit schon verflüssigten Gasen speisen, die bereits jede Spur von Kohlensäure verloren haben.

Im Gegensatz zu den schlechten Erfahrungen von Professor v. Linde, Dewar, Solway usw. mit solchen Apparaten*) arbeitet dieser Motor mit absoluter Regelmäßigkeit und liefert in unserer Sauerstofffabrik große Mengen flüssiger Luft.

Nach dieser Einleitung wollen wir zur Analyse der durch die Erfahrung gegebenen Daten übergehen.

Numerische Beobachtungen.

Bei der außerordentlichen Regelmäßigkeit, mit welcher unser Motor arbeitet, haben wir den Gang während mehrerer Stunden hintereinander festgestellt. Die Ausdehnung des Ganges bis auf 10 und 15 Stunden sichert für die Beobachtungen der Thermometer, der Manometer, der Produktion an flüssiger Luft usw. eine fast absolute Exaktheit.

Wir haben zwei Betriebsformen gehabt; die

*) (mit unter äußerer Arbeitsleistung vollzogener Entspannung. D. R.)



erste wurde erhalten, indem man 2 Luftkompressoren gleichzeitig arbeiten ließ, wovon der eine 250, der andere 100 cbm Luft, zusammen also 350 cbm komprimierten und zwar durch den Compoundkompressor auf 55—60 Atm.

Bei der zweiten Form arbeitete nur der große Kompressor von 500 cbm Luft stündlich, die in dem Compoundkompressor komprimiert wurden.

Folgendes sind zunächst zahlenmäßig die Dimensionen des Motors, der so reguliert war, daß die gesamte auf hohen Druck komprimierte Luft ohne Druckänderungen durch den großen offenen Motor zur Anwendung kam.

Die Rotationsgeschwindigkeit des Motors war durch das Ventil regulierbar, welches auf den Wasserstrom der Zentrifugalpumpe wirkte.

Ich nehme zwei Beobachtungen, die mit den beiden Betriebsformen gemacht wurden, als Grundlage für die Rechnungen.

Durchmesser des Motors	= 106 mm
Gang des Kolbens	= 350 mm
Schädlicher Raum	= 2 mm
Zugang bei vollem Druck	= 35 mm.

Normaler Gang bei der ersten Form mit 350 cbm stündlich.

Beispiel vom 2. September 1906.

Produktion an flüssiger Luft 27,9 kg Flüssigkeit stündlich.

Tourenzahl des Motors 138 Touren.

Druck im Motor 53 Atm.

Normaler Gang bei der zweiten Form mit dem Kompressor von 500 cbm stündlich.

Hier geben wir alle numerischen Daten, denn dieses ist in Wahrheit der normale Gang des Apparates:

Beispiel vom Sonnabend, den 8. Septbr. 1906.

Barometerhöhe	761 mm
Temperatur vor dem Austauscher	185 mm = —63,5°
Temperatur der Luft vor dem Motor	350 mm = —131,0°
Temperatur der Gase oben im Austauscher	202 mm = —67,9°
Druck der Luft im Motor	52 Atm.
Tourenzahl des Motors	160 in der Minute
Effektive im Reservoir gesammelte und gemessene flüssige Luft	52,7 kg
Temperatur der vom Kompressor angesaugten Luft, die aus dem Austauscher zurückkommt	—2°

1. Gewicht der stündlich komprimierten Luft.

Das Volumen mit der Dichte multipliziert gibt, wenn man der Temperatur Rechnung trägt:

$$500 \times 1{,}293^{\text{Kg.}} \times \frac{273}{271} = 651{,}271 \text{ Kgr. stündlich.}$$

2. Volum der Luft unter dem Druck von 22 Atm., die bei jeder Tour des Motors absorbiert wird.

Oberfläche des Kolbens $\left(\frac{106}{2}\right)^2 \times 3{,}14 = 88{,}243$ qcm

Schädlicher Raum	0,2×88,243 =	17,6486 cbcm
Zugang	3,5×88,243 =	308,96 „
Volum per Hub	=	326,6 „
Volum per Stunde	326,6×160×60 =	3135,4 Liter

Der Motor empfängt 3135,4 Liter komprimierter Luft stündlich.

3. Mittlere Dichte der komprimierten und abgekühlten Luft im Motor.

Das Thermometer zeigt uns vor dem Eintritt in den Motor — 131° C.

In der Luft beim Eintritt in den Motor zeigt es eine absolute Temperatur von 142°.

Das stündlich in den Motor eingeführte Luftquantum ist 651,271 kg.

Das Volumen, unter welchem diese Luft eindringt, ist 3135,4 Liter stündlich.

Also beträgt die mittlere Dichte der Luft im Motor während des Zuganges:

$$\frac{651{,}271}{3135{,}4} = 0{,}20777.$$

4. Mittlere Dichte der auf 52 Atm. komprimierten Luft bei 142° absoluter Temperatur.

Die Dichte der nicht verflüssigten auf 52 Atm. komprimierten und auf 142° absoluter Temperatur abgekühlten Luft wird durch den Ausdruck gegeben:

$$\frac{1{,}293 \times 52 \times 273}{142} = 129{,}2 \text{ g.}$$

5. Schlußfolgerung.

Die Luft, welche in den Motor eindringt, hat eine Dichte von 207,8 g im Liter; die nichtverflüssigte Luft unter denselben Druck- und Temperaturverhältnissen würde nur 129,2 g wiegen.

Also ist hier flüssige Luft gemischt mit gasförmiger Luft.

Dieses Gemisch von der Dichte 207,8 g gestattet, zwischen dem verflüssigten und dem

gasförmig gebliebenen Teil deutlich zu unterscheiden.

Methode der Berechnung des Gewichtes der verflüssigten Luft.

Wir kennen durch direkte Versuche und durch Extrapolation den Dilatationskoeffizienten der flüssigen Luft zwischen —194,5° und —172°. Wir haben einen dem Koeffizienten des flüssigen Azetylens ziemlich nahen Wert gefunden:

$$\alpha = 0,00842205.$$

Ein Liter flüssiger Luft, deren Temperatur von —194,5° zu —131° übergeht, wird nicht mehr ein Kilogramm wiegen, sondern eine Dichte haben, die durch den Ausdruck gegeben ist:

$$\overset{k}{1} \times \frac{1}{1 + \alpha\,[(194,5) - (-131)]} = \overset{k}{0,4652}.$$

Der Liter flüssiger Luft wird also nur noch 465,2 g wiegen. Mit zwei Gleichungen und zwei Unbekannten wollen wir nun das Gewicht der verflüssigten Luft, die mit nichtverflüssigter Luft gemengt ist, bestimmen.

Wir nennen x das Volumen der gasförmigen Luft in cbcm, die bei jedem Hub in den Motor eintritt. Wir nennen y das Volumen verflüssigter Luft, welches mit x cbcm gasförmiger Luft in den Motor eindringt. Dann haben wir die folgenden Gleichungen:

$$x \times \overset{g}{129,2} + y \times \overset{g}{465,2} = \text{mittleres Gewicht bei einer Umdrehung.}$$

$$x \times 129.2 + y \times 465,2 = \overset{g}{207,77} \times \overset{c^3}{326,55}.$$

Die zweite Gleichung ist durch die Bedingung gegeben:

$$x + y = 326,55$$

Die numerische Lösung dieser beiden Gleichungen gibt:

$$x = 250,19 \text{ cbcm}$$
$$y = 76,36 \text{ cbcm}$$

Wir haben also 76,36 cbcm verflüssigter Luft mit der nicht verflüssigten Luft gemischt.

Berechnung der latenten Wärme der verflüssigten mit nichtverflüssigter Luft gemischten Luft.

Wir wissen durch eine Reihe von Tatsachen, daß die spezifischen Wärmen der Körper stets mit der Temperatur zunehmen. Diese Regel hat keine Ausnahme. Wenn wir nun den normalen Betrieb unseres Apparates betrachten, so konstatieren wir:

1. Am oberen Ende des Austauschers treten die komprimierten Gase mit einer Temperatur von —63,5° ein.

2. Beim Herauskommen haben die Gase eine Temperatur von —67,9°.

Beim Herauskommen sind die Gase also um 4,4° kälter, woraus hervorgeht, wie gut die Flächen ausgenutzt sind.

Die Menge des in dem Austauscher aufsteigenden Luftstroms ist gleich der Menge komprimierter Luft, die im umgekehrten Sinne zum Motor strömt, vermindert um die Luftmenge, die in flüssiger Form am unteren Ende des Austauschers bleibt. Die Differenz dieser beiden Mengen ist uns bekannt.

Menge der eintretenden komprimierten Luft: 651,271 kg.

Menge der aufsteigenden Luft unter 1 Atm. Druck nach der partiellen Verflüssigung: 651,271 — 52,7 = 598,57 kg.

Wir wollen jetzt die Bilanz der Wärme ziehen, welche uns die absteigende Luft geliefert hat, mit derjenigen der im Austauscher aufsteigenden Luft.

Unter konstantem Druck von 52 Atm. gelieferte Wärme.

Absteigend haben wir 651,271 kg Luft, die mit einer Temperatur von — 63,5° eintreten und sich bis auf — 131° unten im Austauscher abkühlen. Nehmen wir für die spezifische Wärme der Luft unter konstantem Druck den von Regnault gelieferten Wert, so haben wir

$$\text{gelieferte Wärme} = 651,271 \times 0,23751 \times (131 - 63,5) = 10203,2 \text{ Kal.}$$

Die Wärme wird von dem Gasstrom geliefert, wenn keine Verflüssigung stattfindet.

Von dem unter konstantem, dem Atmosphärendruck gleichen Druck aufsteigenden Luftstrom absorbierte Wärme.

Gewicht der aufsteigenden Luft: 589,571 kg
Anfangstemperatur: — 194,5°
Endtemperatur: — 67,9°.

Während der Erwärmung dieser Luft bei ihrem Durchgang durch den Austauscher absorbierte Wärme:

$$598,571 \times 0,23751 \times (194,5 - 67,9) = 18040 \text{ Kal.}$$

Wir finden also experimentell, daß der aufsteigenden Luftmasse 18040 Kal. geliefert sind, während nach der Rechnung die niedersteigende Luftmenge nur 10203,2 Kal. hat liefern können.

Als Erklärung für diese Erscheinung bieten sich zwei Lösungen dar:

Entweder steigt die spezifische Wärme der Luft plötzlich in der Nähe des kritischen Punktes zwischen —110° und —140°, oder ein Teil der Luft verflüssigt sich und gibt seine latente Verflüssigungswärme ab, die zu der spezifischen Wärme hinzukommt. Die zweite Hypothese stimmt mit einer solchen Menge von Tatsachen und stützenden Überlegungen überein, daß wir sie unbedenklich annehmen. Die Dichtigkeitsvermehrung der Luft und die Vermehrung der von der absteigenden Luft gelieferten Wärme sind der Temperaturerniedrigung nicht proportional; wir werden in einer späteren Studie beweisen, daß die Dichte und die gelieferte Wärme wachsen, wie Zahlen, von denen die Temperatur die Exponentialgröße ist.

Die Konstante wird nur angewendet auf denjenigen Teil der Luft, welcher gasförmig bleibt und der dieselbe spezifische Wärme behält. Die Vermehrung der Wärme rührt nur von dem Teile der Luft her, der unterhalb des kritischen Druckes und oberhalb der kritischen Temperatur flüssig wird. Dieser Punkt ist in der Physik von der höchsten Wichtigkeit; er ist durch das Vorhergehende absolut sicher gestellt.

Die Spannung der gesättigten Dämpfe oberhalb des kritischen Punktes ist eine Exponentialfunktion der Temperatur; die Größe, die in die Gleichung eingeht, bezieht sich also auf eine zwischen dem kondensierten Teile und dem der gasförmig geblieben ist.

Alle diese bezüglich ihres experimentellen Beweises und ihrer Theorie neuen Punkte beschränken sich nicht auf die vorliegende Arbeit.

Berechnung der latenten Wärme der bei —131° unter dem Druck von 52 Atm. kondensierten Luft:

Wir kennen das Gewicht der bei jedem Kolbenhube vor der Entspannung verflüssigten Luft. Wir wissen, daß unter den 326,55 cbcm, welche das Volumen der Gase unter Druck bei der Öffnung des Zuführungsventils darstellen, ein Volumen von 76,36 cbcm die in den Zylinder eindringende flüssige Luft darstellt. Die vorhergehende Rechnung gibt uns auch die Dichte dieser flüssigen Luft bei —131°. Ein Liter flüssiger Luft wiegt nur 465,2 g. Wenn man nun das Gewicht des Liters mit dem Volumen der flüssigen in den Motor per Stunde eingeführten Luft in Litern multipliziert, so findet man $465{,}2 \times 76{,}36 \times 160 \times 60 = 341{,}02$ kg.

Das ist das Gewicht der flüssigen Luft, die in jeder Stunde mit der nichtverflüssigten Luft in den Motor eindringt. Während der Bildung dieser flüssigen Luft entbindet sich eine latente Wärme von

18040 Kal., von der aufsteigenden Luft absorbiert.
10203,2 Kal., geliefert von der nichtverflüssigten Luft.
7836,8 Kal., geliefert während der Verflüssigung.

Teilt man also diese Wärmemenge durch das Gewicht der verflüssigten Luft in kg., so erhält man die latente Wärme der Luft bei —131°, nämlich

$$\frac{7836{,}8}{341{,}02} = 22{,}98 \text{ Kal. per kg.}$$

Diese während des Betriebes unseres Motors gemachten Beobachtungen geben uns Aufklärung über mehrere noch völlig unbekannte physikalische Faktoren.

Kritisches Studium der Diagramme des Motors.

Wir haben direkt am Motor mit Indikatoren noch keine Diagramme nehmen können, aber wir haben ein Diagramm mittels aufeinanderfolgender Punkte mit Hilfe folgender Überlegung gezogen:

Es ist augenscheinlich, daß während des Eintritts der komprimierten und abgekühlten Gase unter vollem Druck in den Zylinder die Arbeit, die durch den Motor erzeugt wird, direkt von dem Kompressor geliefert wird, welcher durch alle Röhren auf den Kolben des Motors wirkt. Die komprimierten Gase behalten in der ganzen Ausdehnung der Rohrleitung denselben Druck, sie dringen während dieser Zugangsperiode in parallelen Massen vor, indem die erste Schicht durch die mechanische Wirkung des Kompressorkolbens vorgetrieben wird und die letzte Schicht mit dem Motorkolben in Berührung ist. Wenn die Temperatur an den beiden Endstellen dieselbe wäre, würden die unter vollem Druck komprimierten und im Motor absorbierten Volume identisch sein. Da die Temperatur im Motor jedoch tiefer ist, so ziehen sich die Gase zusammen und werden zum Teil flüssig. Die Volumenverminderung der Gase zufolge dieser beiden

Ursachen, multipliziert mit dem Druck, stellt eine äußere Arbeit dar, die sich in dem Austauscher in Wärme verwandelt. Diese Wärme wird also dargestellt durch den Überschuß der spezifischen Wärme der Luft bei konstantem Druck über die spezifische Wärme bei konstantem Volumen, und durch die äußere Wärme der gesamten latenten Wärme, die für die bei — 131° unter dem Druck von 52 Atm. verflüssigte Luft berechnet ist. Die spezifische Wärme der in dem Austauscher aufsteigenden Luft ist ebenso mit einer äußeren Arbeit belastet, nämlich mit der Dilatationsarbeit, während die Luft sich wieder erwärmt, indem diese Luft gegen die äußere Atmosphäre wirkt.

Der soeben auseinander gesetzte Punkt ist von der größten Bedeutung für die Berechnung des Nutzeffekts des Motors mit adiabatischer Entspannung.

Nachdem dies vorausgeschickt ist, sehen wir, daß wir das gesamte Diagramm in zwei gesonderte Teile zerlegen müssen: der erste ohne jede abkühlende Wirkung auf die Gase, der uns aber eine energische Arbeit auf das Stellkreuz des Motors liefert, der zweite, der beim Verschluß des Zulassungsventils beginnt und beim Herausgehen der Gase im Moment des Entweichens endet. Außer diesen beiden Perioden des Diagramms muß man, da die Gase noch mit einem Druck von ungefähr $2^1/_2$ Atm. herausgehen, die einfache Entspannung der Gase gegen Atmosphärendruck hinzufügen, eine Entspannung, die eine bemerkenswerte äußere Arbeit erzeugt und der Verflüssigung einer bestimmten Luftmenge entspricht. Die Berechnung dieser drei Perioden gibt die Arbeit des Motors und überdies die Arbeit gegen den atmosphärischen Druck nach dem Entweichen.

Berechnung der ersten Periode:

Oberfläche des Kolbens	88,248 cm
Unter vollem Druck vom Kolben durchlaufener Weg:	0,035 m
Druck in kg:	$52 \times 1{,}033$
Zahl der Umdrehungen per Minute	160
Arbeit per Pferdekraftstunde	270000 kgmmtr.

Wir haben also in dieser ersten Periode eine von dem Motor gelieferte Arbeit:

$$\frac{88{,}248 \times 0{,}035 \times 52 \times 1{,}033 \times 60 \times 160}{270000} = 5{,}90\,\text{PS}.$$

Diese Arbeit bringt, wie schon gesagt, keine Temperaturerniedrigung der Gase im Innern des Motors hervor.

Zweite Periode:

Um die zweite Periode zu berechnen, haben wir den vom Kolben zurückgelegten Weg in 10 Stufen geteilt, deren jede einen Teil der adiabatischen Entspannung darstellt. In der Berechnung jeder elementaren Periode betrachten wir den Druck als konstant.

Ein Teil der Flüssigkeit verdampft unter Absorbierung von Verdampfungswärme, woraus sich zwei gleichzeitige Wirkungen ergeben:

Zufolge der Verdampfung eines Teiles der Flüssigkeit vermindert sich der Druck nicht so stark, wie aus dem Mariotte'schen Gesetz folgen würde.

Zufolge der erzeugten Abkühlung vermindert die gesamte Gasmasse ihr Volumen.

Diese beiden Wirkungen erneuern sich in jedem elementaren Diagramm. Wir wollen hier nicht alle Einzelheiten reproduzieren, denn die Rechnungen sind äußerst langwierig, wir wollen nur die Summe der elementaren Arbeiten und die Lage am Ende des Laufes geben. Indessen wollen wir folgendes bemerken:

Die Wärmemenge, welche absorbiert wird, um die atmosphärische Luft teilweise zu verflüssigen, ist bekannt, nämlich 7836,8 Kalorien. Sie ist in der Form eines negativen Potentials in der Flüssigkeitsmenge, die verdampfen wird, aufgespeichert. Die Entspannungsarbeit der Gase auf den Kolben wird parallel wirken. In dem Zylinder wird sich also die Flüssigkeit vermindern, während die Temperatur der übrig bleibenden Flüssigkeit und der Gase beständig von —131° auf —182° herabgeht, eine Temperatur, die man durch den schließlichen Druck im Zylinder feststellt. In diesem Augenblick entweichen die Gase, drängen die atmosphärische Luft zurück und erniedrigen ihre Temperatur bis auf —194,5°, werden dabei teilweise flüssig, wobei dieser Teil zu demjenigen hinzukommt, der noch in dem Zylinder des Motors verbleibt. Die lange Berechnung der 10 Elemente der gesamten Arbeit der zweiten Periode gibt uns folgende numerische Lösung:

Mittlerer Druck	9,41 kg
Enddruck	3,964 kg
Anfangsdruck	52 Atm.

Arbeit der zweiten Periode:



$$\frac{0{,}315^{m} \times 9{,}41^{kg} \times 88{,}243 \times 60 \times 160}{270000}$$

Diese Arbeit ist gleich 9,3 Pferdekräften.

Der Motor erteilt also der Zentrifugalpumpe eine Gesamtarbeit von

1. Periode	5,90 PS.
2. Periode	9,3 PS.
	15,20 PS.

Die Gesamtarbeit beträgt also 15,20 Pferdestärken. Nur 9,3 PS. dienen hiervon zur Erzeugung flüssiger Luft im Zylinder. Dieser Punkt ist so wichtig, daß wir ihn noch einmal wiederholen.

Berechnung der dritten Periode:

Da die Gase aus dem Zylinder unter einem Druck von 3,964 Atm. herausgehen und sich gegen den atmosphärischen Druck entspannen, erzeugen sie eine meßbare äußere Arbeit. Um ihre Berechnung durchzuführen, muß man augenscheinlich zunächst die genaue Menge der erzeugten flüssigen Luft kennen, denn die gasförmige Luft allein entspannt sich gegen den Atmosphärendruck. Wir müssen also die Verluste an flüssiger Luft berechnen, denn die gebildete Flüssigkeit kompensiert sie beständig.

Berechnung der Verluste an flüssiger Luft:

Das bis zur Hälfte gefüllte Reservoir des Verflüssigers verliert durch Strahlung und Leitung 3,8 kg flüssiger Luft in der Stunde. Wenn wir die Verluste der verschiedenen Teile des Verflüssigers, während er funktioniert, ihren respektiven Oberflächen proportional setzen, so ergeben sich folgende Resultate:

1. Untere Hälfte des Reservoires des Verflüssigers	3,8 kg
2. Obere Hälfte desselben Reservoires	2,49 „
3. Zuführungsröhre der flüssigen Luft	1,60 „
4. Umhüllung des Motors	2,70 „
5. Austauscher (der Verlust als proportional den Oberflächen und den Temperaturabweichungen berechnet)	11,18 „
Summe der Verluste	21,77 kg
Die im Reservoir erhaltene Menge beträgt	52,70 kg
Mithin die stündliche Produktion	74,47 „

Wir haben also 74,47 kg flüssiger Luft produziert, von denen 21,77 kg dazu dienen, die Verluste zu kompensieren, welche zufolge der Unvollkommenheiten der Hüllen auftreten, durch welche die auf $-194{,}5^{0}$ abgekühlten Flächen geschützt werden sollen. Mithin ist die Menge Luft, welche den Motor in gasförmigem Zustande verläßt

$$651{,}271 - 74{,}47 = 576{,}80 \text{ kg.}$$

Im Moment des Herausgehens aus dem Motor ist der Druck dieser Gase 3,964 kg, und daher wird das Volum dieser 576,8 kg auf 127,330 cbm nach der Expansion, welche äußere Arbeit hervorbringt, reduziert.

Die noch auf 3,964 kg komprimierten Gase nahmen einen Raum von 42,9 cbm ein. Sie haben sich also entspannt um 127,330 cbm — 42,9 cbm gegen einen Druck von 10330 kg. Die Arbeit wird also durch den Ausdruck gegeben:

$$\frac{(127{,}330 - 42{,}900) \times 10330}{270000} = 3{,}23 \text{ PS.}$$

Wenn wir jetzt die gesamten Wirkungen des Motors und der Entspannung der Luft rekapitulieren, so finden wir folgendes:

1. Der Motor erteilt der Zentrifugalpumpe eine Arbeit von 15,20 PS.

2. Von dieser Arbeit dienen nur 9,3 PS. zur Abkühlung der Gase und zur Erzeugung von flüssiger Luft.

3. Die spontane Entspannung der nichtverflüssigten Gase beim Herausgehen aus dem Motor erzeugt eine Arbeit von 3,23 PS., die zur Herstellung von flüssiger Luft verwandt wird.

4. Die Summe der zur Herstellung von flüssiger Luft verwandten Arbeiten ist also

Zweite Periode	9,3 PS.
Periode der freien Entspannung	3,23 PS.
insgesamt	12,53 PS.

5. Wir wissen, daß diese 12,53 PS. erhalten worden sind durch die in dem Motor freigewordene Wärme, sowohl durch die spezifische Wärme der Luft, deren Temperatur von -131^{0} auf $-194{,}5^{0}$ gesunken ist, als durch die latente Wärme der Luft, die am Schluß der dritten Periode gebildet und im Motor vor den Verlusten erhalten wird.

Wir können also diese Resultate, welche die allgemeine Bilanz des Motors bei regelmäßigem Gange bilden, kontrollieren.

Die 651,271 kg komprimierte Luft sind in den Motor bei einer Temperatur von -131^{0} einge-

treten, und sie gehen mit einer Temperatur von —194,5 nach der letzten Entspannung gegen die atmosphärische Luft heraus. Die Wärme, welche sie verlieren, ist also durch den Ausdruck gegeben:

$$651{,}271 \text{ kg} \times 0{,}23751 \times (194{,}5 - 131)$$

Diese Wärme beträgt 9822 Kalorien. Wir wissen, daß eine bestimmte Menge flüssiger Luft in der Form eines negativen Potentials mit der gasförmigen Luft in den Motor gegangen ist.

Das negative Potential beträgt 7856 Kalorien. Überdies haben wir in dem Motor und seiner Umhüllung 74,47 kg flüssiger Luft fabriziert. Die hierbei absorbierte latente und in Arbeit verwandelte Wärmemenge ist

$$74{,}47 \times 82 = 6106{,}5 \text{ Kalorien.}$$

Nehmen wir die algebraische Summe dieser Wärmemengen, so haben wir:

Als latentes Potential zugeführte Wärme	7856 Kal.
Wegzunehmende Wärme, um die gesamte Luft auf —194,5° abzukühlen	—9822 „
Zur Verflüssigung von 74,47 Kilo Luft wegzunehmende Wärme	—6106,5 „
Die algebraische Summe ist gleich	—8072,5 Kal.

Wir haben in mechanische Arbeit genügend Wärme umgewandelt, um für die Zentrifugalpumpe und gegen die äußere Luft eine Arbeit von 12,53 PS. zu liefern. Verwandeln wir diese PS. in Calorien, so hat man

$$\frac{12{,}53 \times 270000}{425} = 7962 \text{ Kalorien.}$$

Unsere Bilanz schließt also mit einer so geringen Abweichung (110 Kal.), daß die Verifikation so genau ist wie es unsere Beobachtungsmittel zulassen.

Diskussion der erhaltenen Resultate.

Die direkten Beobachtungen, welche wir mit unserm Motor angestellt haben, bestätigen in allen Punkten die numerischen Schlußfolgerungen unserer Rechnung. Nehmen wir z. B. die am 2. September 1906 erhaltenen Resultate.

Anstatt 500 cbm Luft stündlich zu komprimieren, haben wir nur 350 cbm Luft auf den Druck von 53 Atm. komprimiert. Diese Tourenzahl des Motors ist von 160 auf 138 in der Minute gefallen. Die Produktion der am Grunde des Verflüssigers effektiv erhaltenen flüssigen Luft betrug

27,9 kg flüssiger Luft per Stunde.

Der Barometerstand betrug 764 mm, der Austauscher war unter denselben Temperaturbedingungen genommen, 178 mm oben am Austauscher für die unter Druck eintretenden Gase, also —61° und 200 mm oben am Austauscher für die Herausgabe.

Die Temperatur vor der Entspannung der komprimierten Gase war gegeben durch 342 mm, was —127,5° C. entsprach. Der ganze Motor und seine Nebenteile sowie der ganze Austauscher befanden sich beim Betriebe mit 500 cbm unter identischen Temperaturverhältnissen. In der Tat hält die flüssige Luft alle diese Apparate auf —194,5°, wieviel flüssige Luft auch produziert wird. Der Verlust an flüssiger Luft per Stunde ist also merklich derselbe wie bei 500 cbm. Wir haben also als normalen Gang und tatsächliche Erzeugung flüssiger Luft im Motor und in der Umhüllung:

1. Erhaltene Produktion	27,9 kg
2. Stündlicher Verlust	21,77 „
Gesamte Produktion	49,67 kg

Vergleichen wir dieses Resultat mit demjenigen, das beim Gange mit dem Kompressor von 500 cbm stündlich erhalten wird, so haben wir die Proportion $500 : 74{,}47 = 350 : x$

$$x = 52{,}13 \text{ kg.}$$

Augenscheinlich vermindert sich der effektive Ertrag stets mit der Kraft des Motors; die Reibungen und unvermeidlichen Undichtigkeiten vermindern, so gering sie auch seien, doch den Ertragskoeffizienten des Motors. Indessen ist die Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung noch bis auf nahezu 5% vorhanden.

Diese Vergleiche beweisen, daß eine gute Isolierung der Apparate notwendig ist, um die sehr merklichen Verluste zufolge der Strahlung und der Leitung der schützenden Hüllen herabzumindern.

Sichere Erfahrungen über die wirklichen Ursachen der Erzeugung der flüssigen Luft.

Mittels unseres Apparates und einer elektrischen Lampe, welche den Herausgang der Gase aus dem Motor beleuchtet, kann man die Schwächen der Theorie des Professors v. Linde über die Herstellung der flüssigen Luft durch



die innere Arbeit der komprimierten Luft, eine Arbeit, die sich zeigt in der Temperaturerniedrigung im Moment der Entspannung, deutlich beweisen. Da diese Theorie von fast allen Universitätsprofessoren, die ohne Diskussion dem Haupt der Schule folgen, angenommen ist und gelehrt wird, so scheint es notwendig, diesen experimentellen Beweis zu führen, ohne länger zu zögern. Wir führen den Beweis in folgender Weise:

Wir nehmen die Theorie des Professors v. Linde als richtig an, und die auf 50, 100 oder 150 Atm. komprimierte Luft trete oben in den Austauscher unter konstantem Druck und bei einer beliebigen Temperatur ein; je niedriger die Temperatur ist, um so beträchtlicher muß, nach der von Linde angenommenen Formel, die in der komprimierten Luft aufgespeicherte innere Arbeit sein. Nach Linde wird die Temperaturerniedrigung während der Entspannung dargestellt durch die Formel

$$\Theta° = \frac{1}{4}(P' - P)\frac{(273)^2}{T}$$

Nehmen wir z. B. den Betrieb mit dem Kompressor von 500 cbm, wie wir ihn analysiert haben. Der Druck P' wird 52 Atm. sein. Der Druck P wird 1 Atm. sein. T ist die absolute Temperatur von − 63,5° C., also 209,5°. Der Wert von Θ, also die Erniedrigung während der Entspannung, wird dann

$$\Theta = \frac{1}{4}(52 - 1)\frac{(273)^2}{209,5}$$

$$\Theta = 22,075°.$$

Da diese Erniedrigung dem gesamten komprimierten Gase zukommt, würde der Ertrag an flüssiger Luft sein:

$$\frac{651,271 \times 0,23751 \times 22,075}{82} = 41,642 \text{ kg.}$$

Ziehen wir die notwendigen Verluste in denselben Apparaten ab, so würde man als reellen Ertrag haben

Produktion	41,642 kg
Verluste	21,77 „
im Reservoir	19,872 kg

Man müßte also unter diesen Bedingungen stündlich erhalten

19,872 kg flüssiger Luft.

Wir können nun leicht folgendes beweisen: Wenn man das Reservoir, das sich unten am Austauscher befindet, sich mit flüssiger Luft füllen läßt, sodaß die letzten Windungen in die gebildete Flüssigkeit tauchen, so hört die Produktion flüssiger Luft, selbst mit dem Motor, vollständig auf, obwohl man eine große Menge flüssiger Luft aus dem Motor herauskommen sieht. Die Arbeit des Motors wird allmählich geringer, wenn man den Druck auf 62 Atm. aufrecht erhält, indem man den Gang des Motors reguliert.

Dieses Resultat scheint uns ein vollständiger Beweis der Tatsache, daß die innere Arbeit der komprimierten Luft Null ist, da ja die Luft fortfährt beständig unter demselben Druck und derselben Temperatur einzutreten und unter demselben Druck und derselben Temperatur wie vorher aus dem Austauscher herauszugehen. Der Gasstrom, welcher in den Austauscher eintritt, und derjenige, welcher aus ihm herausgeht, sind konstant, also muß die Entspannung in diesen beiden Fällen dieselbe Wirkung hervorrufen.

Wenn die Flüssigkeit die Schlange umspült, so hört jede Produktion von flüssiger Luft auf, sowohl mit dem System Linde als mit dem Motor, es würde also eine Vernichtung dieser inneren Arbeit ohne jede Kompensation eintreten, was schlechterdings unmöglich ist.

Wenn man dagegen die Bildung der flüssigen Luft einzig durch die gelieferte äußere Arbeit erklärt, so erkennt man sofort, daß die gesamte Verflüssigung der Luft vor der Entspannung ipso facto die Produktion der äußeren Arbeit unterdrücken wird, da es ja Flüssigkeit ist, was herauskommt, und eine flüchtige Flüssigkeit durch ihre Druckänderung nicht mehr mit der Wirkung einer Gasmasse, welche diese Flüssigkeit darstellt, vergleichbar ist.

Der experimentelle Beweis dieser wichtigen Tatsache ist von uns während eines ununterbrochenen Ganges von 12 Stunden geliefert worden.

Die innere Arbeit bei der Entspannung der komprimierten Luft bei den gewöhnlichen Temperaturen des normalen Ganges der Apparate des Professor von Linde ist also als Null bewiesen und ohne Wirkung bei der Herstellung der flüssigen Luft.

Als Ergänzung des Beweises fügen wir noch hinzu: Wenn man in der von Linde angewendeten Formel für T die absolute Temperatur der Luft im Moment der Entspannung nimmt, so

würde man während des Eintauchens der letzten Windungen der Schlange in die gebildete Flüssigkeit eine um so beträchtlichere Temperaturerniedrigung haben, je vollständiger das Eintauchen wäre. Die Maschine müßte mehr und mehr Flüssigkeit liefern, in der Tat aber hört die Produktion des Apparates auf!

Diese Beweise scheinen so leicht, so bündig und klar, um die meines Erachtens falschen, über diese wichtige Frage auf den deutschen Universitäten vorgetragenen Ideen zu verbessern, daß es wohl angebracht wäre, eine Kommission von Physikern zu ernennen, um das Problem der Gewinnung flüssiger Luft durch die Kompression und Entspannung der Luft unter verschiedenen Drucken experimentell und theoretisch zu studieren, damit die wirkliche Ursache der Zustandsänderung dieses Gases bestimmt und die Diskussion über diese Frage vollständig durchgeführt werde.

Die Kommission könnte auch beauftragt werden, die physikalischen Bedingungen der methodischen Destillation der flüssigen Luft zu untersuchen, um die Irrtümer zu beseitigen, welche über diese wichtige Frage bei einigen Industriellen verbreitet sind.



Wissenschaftliche und technische Mitteilungen.



Elektrolytischer Sauerstoff. Von Prof. Dr. A. Fraenkel. („Mitteilungen des Technologischen Gewerbemuseums" 1906.)

Im April 1905 erfolgte im Technikum zu Winterthur (Schweiz) eine folgenschwere Explosion einer mit elektrolytischem Sauerstoff gefüllten Stahlflasche. Vorgenommene Untersuchungen ergaben, daß der fragliche Sauerstoff einen Wasserstoffgehalt von zirka 25 % aufwies, mithin ein gefährliches Knallgasgemisch vorlag. Die Explosion soll dadurch eingetreten sein, daß die Abdichtung des Probiermanometers mit Fibreringen unter Anwendung von Mineralöl erfolgte und letzteres sich im komprimierten, sauerstoffreichen Gasgemisch entzündete und die Zündung auf die Knallgasmischung übertrug.

Weitere Erhebungen ergaben, daß der fragliche Sauerstoff von einem Apotheker in Wetzikon bezogen war, der sich nebenher mit der Herstellung von elektrolytischem Sauerstoff befaßte, daß dieser Apotheker für den Sauerstoff und den Wasserstoff den gleichen Kompressor verwendete, und daß wahrscheinlich die Flasche, in welche der Sauerstoff gepumpt wurde, noch von einer früheren Füllung etwas Wasserstoff enthalten hatte. Überdies wurde seitens des Apothekers keinerlei Kontrolle über die Reinheit des hergestellten Sauerstoffes geübt.

Trotzdem also in diesem Falle eine gröbliche Außerachtlassung der unbedingt notwendigen Vorsichtsmaßregeln vorlag, führte er doch dazu, eine nicht begründete Scheu vor elektrolytischem Sauerstoff in weitere Massen zu tragen, die überdies noch seitens der Konkurrenz künstlich genährt wurde.

Wiewohl nun nach vorliegenden Analysen von technischem elektrolytischem Sauerstoff dessen Gehalt durchschnittlich 97 % beträgt[1], dürften doch die Ergebnisse einer Untersuchung, welche vor kurzem mit einem von dem Sauerstoff- und Wasserstoffwerk in Luzern in den Handel gebrachten Produkt erhalten wurden, einiges Interesse bieten.

Der in einer Original-Stahlflasche übergebene Sauerstoff wurde in üblicher Weise unter Anwendung des Hempelschen Apparates gasanalytisch untersucht. Um die Bestimmung des Wasserstoffes besonders zuverlässig durchzuführen, wurde für diese ein Gasquantum von zirka 300 cm^3 verwendet und der nach Absorption der Hauptmenge des Sauerstoffes (durch Pyrogallol) verbliebene Gasrest in der Explosionspipette mittels des Induktionsfunkens zur Explosion gebracht. Es wurden folgende Resultate erhalten:

	Versuch I	Versuch II	Mittel
Sauerstoff . . .	96,90	96,98	96,94
Wasserstoff [2]	2,36	2,08	2,22
Kohlensäure .	—	—	—
Stickstoff . . .	0,74	0,94	0,84

[1]) Engelhardt, „Die Elektrolyse des Wassers," S. 26 und 61.

[2]) Es ist auffallend, daß dieser Rest von Wasserstoff nicht entfernt wird, umsomehr als dies auf die einfachste Weise zu erreichen ist, und zwar indem man das Gas über erhitzten Platinschwamm oder einfacher und billiger über erhitztes Kupferoxyd leitet. (D. R.)

Nachdem nun die untere Explosionsgrenze für Sauerstoff-Wasserstoff-Mischungen hinsichtlich des Wasserstoffgehaltes bei 6,4 Volumenprozenten gelegen ist und ein Gemisch mit 5,8 Volumenprozenten Wasserstoff nicht mehr entzündlich ist, kann der gefundene Wasserstoffgehalt keine Explosivität des Sauerstoffes bewirken.

Es wurde dem Elektrolytsauerstoff auch eine angebliche toxische Wirkung bei Inhalationen vorgeworfen, die von dessen Wasserstoffgehalt herrühre. Demgegenüber sei darauf hingewiesen, daß nach Untersuchungen von Regnault und Reiset[1]) in einer künstlichen Atmosphäre, welche statt des Stickstoffes Wasserstoff, aber ebensoviel Sauerstoff als gewöhnliche Luft enthält, das Atmen ebenfalls ganz normal von statten geht. Auch in Kunkels Handbuch der Toxikologie[1]) ist angeführt: „Stickstoff und Wasserstoff wirken nicht spezifisch giftig. In den reinen Gasen oder in Gemischen, die sehr wenig Sauerstoff enthalten, tritt Erstickung ein.“

Aus vorstehenden Resultaten geht hervor, daß der Wasserstoffgehalt des elektrolytischen Sauerstoffes bei sorgsamer Herstellung weit unterhalb jener Grenze liegt, bei der noch eine Explosivität des Gemisches zu befürchten wäre. Sache der elektrolytischen Werke muß es natürlich sein, den Betrieb entsprechend zu leiten und sich durch stetige Kontrollanalysen von der richtigen Beschaffenheit des Sauerstoffes zu überzeugen.

[1]) Liebigs Annalen der Chemie und Pharm. Bd. LXXIII, Seite 92.

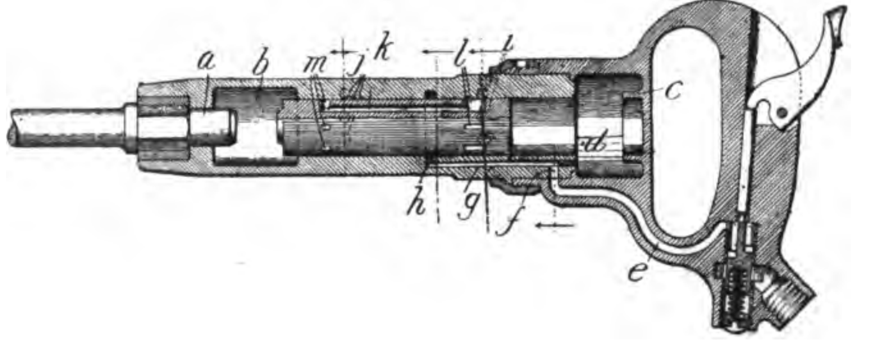
[1]) 1899, S. 317.



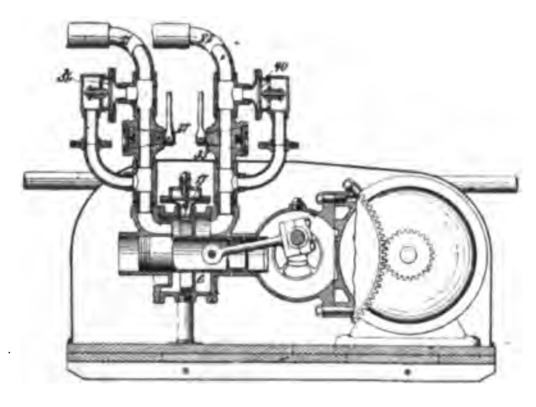
Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



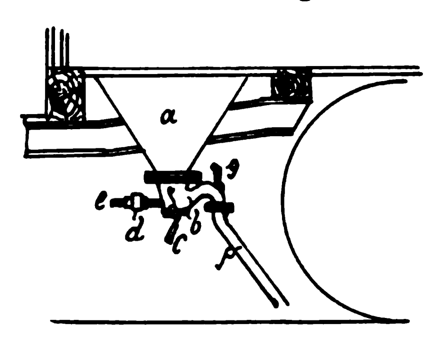
Steuerung für Drucklufthämmer der International Tool Company of Chicago in Chicago. D. R. P. Nr. 181 097. Die Selbststeuerung des Kolbens dieses Hammers ist dadurch vereinfacht, daß die nahe an den Enden des Kolbens nach der Oberfläche desselben sich öffnenden radialen Kanäle die Mündungen eines oder mehrerer gemeinsamer Druckkanäle bilden, welche von einer einzigen Einströmung entweder von der einen oder der anderen Seite des Kolbens aus je nach der Stellung desselben gespeist werden und das Druckmittel vor oder hinter den Kolben leiten. Dabei sind auch hier die vor und hinter dem Kolben liegenden Expansionsräume verschieden groß, um in üblicher Weise die Schlagkraft des Kolbens zu erhöhen und den Rückstoß zu vermindern. Wenn der Kolben an der Werkzeugspindel anliegt (siehe Abbildung), ist die Arbeitsweise der Vorrichtung wie folgt: das Druckmittel strömt durch den Handgriff nach dem Kanal e und durch dessen Mündung f und die Kanäle g in die Einströmungskammer h, mit welcher die Kanäle des Kolbens in der vorderen Hubstellung in Verbindung stehen, sodaß das Druckmittel durch sie, die Kanäle k und die Öffnungen m in den Raum b strömt und den Kolben zurücktreibt, bis dieser die Auspuffkanäle j im Werkzeuggehäuse freilegt, durch welche das Druckmittel sodann entweicht. Bei der weiteren Rückwärtsbewegung des Kolbens gelangen die Öffnungen m in Verbindung mit dem Raum h, sodaß das Druckmittel nunmehr durch die Öffnungen m, die Kanäle k und die Öffnungen l nach der Kammer d strömt und den Kolben nach vorn gegen das Werkzeug treibt. Kurz vorher gibt der Schlagkolben die Öffnungen i frei, durch die der Auspuff der hinter dem Kolben befindlichen Druckluft erfolgt, worauf das Spiel des Schlagkolbens in der beschriebenen Weise von neuem beginnt.



Druckluftwerkzeuganlage mit hin- und herschwingenden Luftsäulen. Ingersoll-Rand Company in New-York. D. R. P. Nr. 178164. Die Abbildung zeigt eine Druckluftwerkzeuganlage mit hin- und herschwingenden Luftsäulen zwischen dem Verdichter und dem Werkzeug, die sich von den bekannten Anlagen dieser Art dadurch unterscheidet, daß in die Luftleitungen Zweigleitungen eingeschaltet sind, in die federbelastete Ventile eingebaut sind, und durch die in der Hauptleitung befindliche Ventile umgangen werden. Wenn der Druck der Luftsäulen, die durch den Hin- und Hergang des Kolbens 6 im Preßzylinder verschoben werden, gehoben werden soll, so werden die Hahnküken 27 und 35 so gedreht, daß die unmittelbare Verbindung von den Enden des Preßzylinders zu den Rohren 21 und 22 geschlossen ist. Wenn der Kolben 6 nunmehr hin- und hergeht, so arbeitet er als Luftverdichter, indem er abwechselnd die Luft durch die Ventile 31 und 40 hindurch in die Rohre 21 und 22 drückt, wobei Außenluft durch das Einlaßventil 17 und Kanal 18 abwechselnd in die beiden Zylinderhälften gesaugt wird. Wenn der Druck bis zu der gewünschten Höhe angestiegen ist, so werden die Hahnküken 27 und 35 wieder geöffnet. Der Hin- und Hergang des Kolbens wird dann lediglich dazu benutzt, die Luftsäulen hin- und herzubewegen und dadurch das Werkzeug in Betrieb zu setzen.



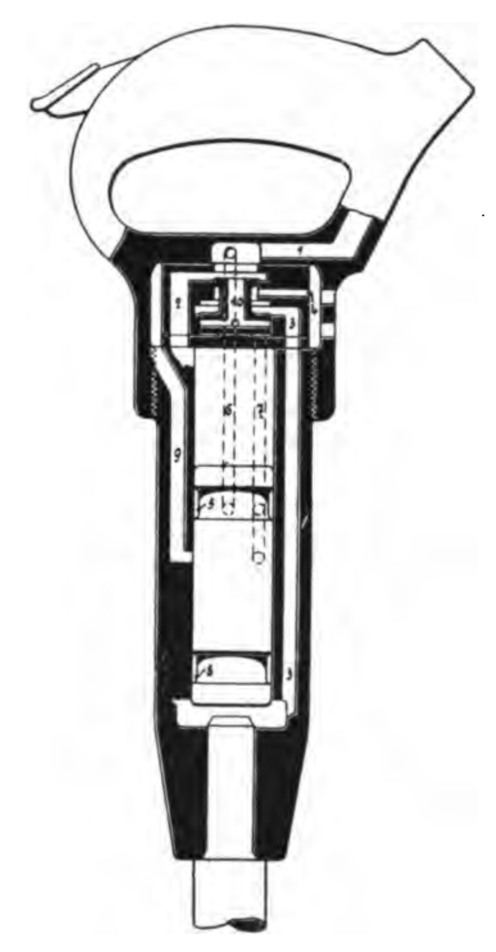
Die elektrischen Bahnen auf der Ausstellung in Mailand 1906. Von Regierungsrat A. Zweiling. In dem Artikel wird u. a. von den ausgestellten pneumatischen Bremsvorrichtungen gesprochen. Die Kontinentale Bremsen-Gesellschaft m. b. H. (vormals Böker-Bremsen) zu Lankwitz bei Berlin hat eine direkt wirkende Druckluftbremse vereinigt mit Druckluft-Sandstreuer, Druckluftschutzvorrichtung und Luftpfeife ausgestellt. Die Einrichtung war betriebsfertig an einem Wagenunterbau angebracht. Bremse, Sandstreuer und Schutzvorrichtung sind vom Führerbremsventil aus zu betätigen. Die notwendige Druckluft wird von einem Achsenexzenterkompressor geliefert, der in einen Luftbehälter fördert. Weitere Bestandteile des Systems sind Druckregler, Führerbremsventil und Einkammer-Bremszylinder, dessen Kolben durch Hebelübersetzung auf das Bremsgestänge wirkt. Beistehende Abbildung gibt die Sandstreuvorrichtung wieder. Sobald der Handhebel des Führerbremsventils entsprechend eingestellt ist, tritt Druckluft aus dem Hauptluftbehälter über das Führerbremsventil in das Blosrohr e und durch den Regelhahn d in das



einfache Sandgebläse b mit Reinigungsverschluß c. Durch das Gebläse wird Sand aus dem Behälter a entnommen und mittels des Sandstreurohres f vor die Räder geführt. Die Abluft des Gebläses kann gegebenenfalls durch die Leitung g in den Vorratsbehälter geführt werden, um dort ev. feuchten Sand zu trocknen. — Diese Vorrichtung wird an jedem Ende des Wagens angebracht, damit in jeder Fahrtrichtung der Bremsweg durch Betätigung des Sandstreuers verringert werden kann. Die Vorrichtung kann auch unabhängig vom Führerbremsventil durch ein besonderes Ventil betätigt werden. Die Schutzvorrichtung besteht aus einem mit Netzwerk bespannten Rahmen, der an dem Wagenunterbau drehbar angeordnet ist. Gewöhnlich wird der Fangrahmen durch Spiralfedern in der nötigen Höhe über Schienenoberkante gehalten; im Falle der Gefahr wird durch entsprechende Einstellung des Führerbremsventils die Druckluftzufuhr in zwei kleine Preßluftzylinder bewirkt, deren Kolben nun eine

schnelle Senkung des Fangrahmens vermitteln. Die Gesellschaft bringt neuerdings auch eine selbsttätig wirkende Zweikammerbremse auf den Markt, die ähnlich der Westinghousebremse arbeitet. Aus dem Kompressor tritt die Druckluft in den Hauptluftbehälter und aus diesem einerseits durch eine Rohrleitung in die erste Kammer des Bremszylinders ein, der ein einfacher, auf beiden Seiten durch Deckel verschlossener Zylinder mit beweglichem Kolben ist. Anderseits tritt die Luft durch eine Rohrleitung über das Führerbremsventil in eine durchgehende Bremsleitung ein und aus dieser in die andere Kammer des Bremszylinders. Eine Spiralfeder stellt im Verein mit der Druckluft auf beiden Seiten des Zylinderkolbens das Bremsgestänge so ein, daß die Bremsen gelöst sind. Durch Auslassen von Luft entweder vermittels des Führerbremsventils oder infolge von Undichtheiten oder Bruch der Rohrleitung wird der Luftdruck auf der einen Zylinderseite vermindert, der Kolben durch den Druckunterschied auf seinen beiden Seiten bewegt und die Bremse betätigt. (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 2. März 1907.)

Steuerung für Druckluftwerkzeuge. Pokorny & Wittekind, Maschinenbau A.-G. in Frankfurt a. M.-Bockenheim. D. R. P. Nr. 179735. Die Steuerung zeigt ein längsbewegliches einstufiges Steuerventil, welches mit einem Kanal versehen ist, der einerseits in einer Öffnung mündet, die sich an der stets unter Druck stehenden kleineren Endfläche des Ventils befindet, andererseits in Öffnungen, die an der größeren Gleitfläche des Ventils verteilt sind. Um eine kleine Baulänge des Ventils und eine vorteilhafte Verteilung des Druckmittels zu erzielen, wird der Kanal des Ventils nur zur Druckmittelzufuhr für den Rückgang des Kolbens benutzt. Dagegen erfolgt die Druckmittelzufuhr für den Vorwärtsgang des Kolbens in bekannter Weise durch vom Ventil bei seiner Verschiebung freigelegte Öffnungen, und die Ausströmung findet sowohl beim Vorwärts- als auch beim Rückgange des Kolbens durch die zwischen beiden Gleitflächen liegende Eindrehung statt. Die Abbildung zeigt die Steuerung in der Lage, in welche die auf der kleinen Endfläche lastende Druckluft das Ventil geschoben hat. Die Druckluft strömt durch den Kanal 2 hinter den Kolben und bewegt ihn vorwärts. Die vor dem Kolben befindliche Luft wird von diesem verdrängt und pufft durch die Kanäle 3 und 4 aus. Kurz vor Beendigung des Hubes verbindet die Eindrehung 5 des Kolbens die Kanäle 6 und 7, von denen ersterer ständig unter Druck steht. Dann strömt durch den Kanal 7 Druckluft zu der großen Endfläche des Ventils und schiebt es nach hinten. Hierdurch wird der Kanal 2 mit dem Auspuff 4



und der Kanal 10 des Ventils mit dem Kanal 3 in Verbindung gebracht, sodaß die Luft vor den Schlagkolben tritt und diesen nach hinten schiebt. Kurz bevor der Schlagkolben seine obere Stellung erreicht hat, verbindet die Eindrehung 8 die vordere Öffnung des Kanals 7 mit dem Kanal 9, wodurch das Steuerventil auf seiner großen Endfläche entlastet und durch die dauernd auf der kleinen Endfläche lastende Druckluft nach vorn geschoben wird. Hierauf wiederholt sich das Spiel in der beschriebenen Weise.



Kurze Mitteilungen.

Unfall. In San Remo verunglückte der Mitbesitzer der Hofapotheke von Dr. Jordan, Herr Apotheker Nicolai, beim Füllen eines Sauerstoffbehälters durch die Explosion des letzteren. Die Gewalt der Explosion war so groß, daß der Tod sofort eintrat. Herr Nicolai stand erst im Alter von 30 Jahren und hatte die Apotheke mit einem anderen Herrn zusammen erst im November 1906 übernommen.

Der Außenhandel Deutschlands in verdichteten Gasen findet sich in folgender Tabelle zusammengestellt. Für 1905 und Januar, Februar 1906 sind alle verdichteten Gase unter flüssige Kohlensäure gerechnet, so daß für die übrigen Gase die Übersicht nur die letzten 10 Monate von 1906 betrifft.

		Einfuhr t	Wert M.	Ausfuhr t	Wert M.
Kohlensäure	1905	800	10000	7300	660000
	1906	100	10000	3900	350000
Andere verdicht. Gase (10 Mon.)	1906	30	100000	800	3200000.

Die Bemühungen, die frühere **Kohlensäure-Fabrikantenvereinigung** wieder neu zu begründen, haben zum Erfolg geführt. Trotzdem das Verbandskohlensäurewerk des Rheinisch-Westfälischen Wirteverbandes zu Niedermendig und einzelne kleinere Werke noch nicht beigetreten sind, wurde eine Verständigung der Werke erzielt.

Allgemeines Belehrungsblatt für Giftarbeiter. Zur Herabminderung der Gefahren gewerblicher Gifte hat der bekannte Berliner Pharmakologe Prof. Dr. L. Lewin ein „Allgemeines Belehrungsblatt für Giftarbeiter" ausgearbeitet, welches auf Grund der Verhandlungen der Hagener Konferenz der Zentralstelle für Arbeiter-Wohlfahrts-Einrichtungen soeben in Carl Heymanns Verlag und Formular-Magazin zu Berlin W. 8, Mauerstraße 43/44, zur Veröffentlichung gelangt ist. Das Blatt faßt in einer für jeden Laien verständlichen Ausdrucksweise das Wesentliche zusammen und soll die Giftarbeiter ganz allgemein über die Wege der Giftaufnahme, über die Zeichen einer Giftwirkung und über die Regeln des Selbstschutzes belehren und in jedem Betriebe durch die dort in Frage kommende Einzelschilderung ergänzt werden. In einer Reihe kurzer, auch im Druck klar unterschiedener Abschnitte unterrichtet es über die Fragen: „Was ist Gift?", „Wer ist Giftarbeiter?", „Wem schadet ein Gift?", „Die schnelle und die langsame Vergiftung", „Wie kommt ein Gift in den Körper?", „Wie zeigt sich die Vergiftung?", „Was soll der Giftarbeiter tun, um sich vor dem Gift zu schützen?". Im Interesse unserer Arbeiter selbst kann man nur wünschen, daß das Belehrungsblatt in den beteiligten Betrieben die weitgehendste Verbreitung findet.

Die „Aktiengesellschaft für Kohlensäure-Industrie" zu Berlin, Zweigniederlassung in Potschappel bei Dresden, wurde ins Handelsregister eingetragen. Gegenstand des Unternehmens ist Herstellung, Erwerb und Verwertung von flüssiger Kohlensäure und anderen komprimierten Gasen. Das Grundkapital beträgt 1400000 Mk.

Neue Sauerstoffabrik. Aus Rußland kommt die Nachricht, daß die A.-G. für Kohlensäureindustrie „La Carbonique" in Kiew ihre Fabrikation durch die Aufnahme der Sauerstofferzeugung erweitert. Es ist eine Produktion von 50000 cbm pro Jahr geplant. Die Gesellschaft will zu möglichst geringem Preis liefern. Eine Beeinflussung des deutschen Marktes dürfte dadurch kaum zu erwarten sein.

Ein 108 Tonnen-Hammer. Die Terni-Stahlwerke in Umbria (Italien) betrieben ihre schweren Hämmer zum Schmieden der Panzerplatten usw. früher mit Dampf, sind jedoch heute zum Luftdruckbetriebe übergegangen und arbeiten seitdem mit beträchtlicher Ersparnis an Betriebskosten, da der Kondensationsverlust in Fortfall kommt. Die zur Erzeugung der Druckluft aufgestellten Kompressoren liefern 1695 Kubikfuß/Min., das ist eine Zahl, welche den gelegentlichen Verbrauchswert nicht erreicht. Zur Deckung des Unterschiedes dienen Reservoire, bestehend aus gußeisernen Rohren von 49 Zoll Durchmesser und großer Länge. Die Aufrechterhaltung des Druckes wird durch einen hydraulischen Kompensator bewirkt, d. i. ein Wasserreservoir, welches auf einem Hügel 55 m

über dem Luftreservoir aufgestellt und mit diesem durch eine Rohrleitung verbunden ist. Diese Kombination bedingt einen konstanten Druck von 5,5 Atm. entsprechend der Wassersäule von 55 m. Der große 108 tons Hammer, welcher zum Schmieden von Panzerplatten, Schraubenwellen usw. dient, ist nicht weniger als 60 Fuß hoch und hat ein Fundament von 33 Fuß Tiefe. Der Hammerzylinder ist 20 Fuß lang und hat einen Durchmesser von 6 Fuß 3 Zoll. Das Gewicht von Kolben, Kolbenstange und Bär zusammen beträgt 108 tons. Die Arbeitsleistung eines Hubes beträgt bei voller Ausnutzung 540 000 mkg, der Abstand der beiden Schenkel des Hammers, welche den Zylinder tragen, ist an der breitesten Stelle 26 Fuß. Trotz seiner kolossalen Ausmaße kann der Hammer von einem Arbeiter bedient werden. (Engineering, 8. März 1907.)

Fragen und Antworten.

Frage. Nach welcher Zeit ist, unter Annahme normaler Temperatur, die Anreicherung verdampfender flüssiger Luft an Sauerstoff auf etwa 21 % gestiegen.

Antwort. Die Frage, nach welcher Zeit aus flüssiger Luft ein Sauerstoff-Stickstoffgemisch von atmosphärischer Zusammensetzung abdunstet, läßt sich nicht generell beantworten. Das hängt sowohl von der ursprünglichen Menge ab, wie von Form, Größe und Art (Leitfähigkeit des Materials) des Gefäßes, da es sich auch bei gegebener Temperatur der Außenluft im wesentlichen darum handelt, wieviel Wärme in der Zeiteinheit einer bestimmten Menge Luftflüssigkeit zugeführt wird. — Außerdem ist die Zusammensetzung des abdunstenden Gases eine stets wechselnde. Sie ist aber insofern eine gesetzmäßige, als bei gegebenem Druck für ein flüssiges Sauerstoff-Stickstoffgemisch von gegebener Zusammensetzung sowohl der Siedepunkt, wie die Zusammensetzung des destillierenden Gases festliegt. Im Gas ist durchweg der Stickstoffgehalt höher als in der Flüssigkeit, während in beiden der Sauerstoffgehalt sich mehr und mehr anreichert. Genaue Daten enthält die Arbeit von E. C. C. Baly: On the Destillation of Liquid Air (Philosophical Magazine Bd. 49, 517 (1900).

Danach hat verflüssigte Luft mit 21 % O_2 bei — 194° C. eine Gesamtspannung von 1 Atm. und die Zusammensetzung des abdunstenden Gases ist: 6,8 % O_2 und 93,2 % N_2. In gleicher Weise werden für andere Gemische angegeben:

Temperatur absolut	% O_2 im Gas	% O_2 in der Flüssigkeit
79	6.8	21.6
79 5	9.33	27.67
80	12.—	33.35
80 5	14.78	38.53
81	17.66	43.38
81.5	21.22	47.92

Demnach muß eine Flüssigkeit erhalten werden, die ca. 48 % O_2 enthält, um ein Gas mit 21 % O_2 zu erhalten. Um das zu erreichen, muß man, unter Zugrundelegung obiger Zahlen, 1 Liter flüssiger Luft auf etwa 0,4 Liter verdunsten. Im übrigen läßt sich das Ergebnis einfach kontrollieren, entweder durch eine Sauerstoffbestimmung im Gas oder mit Zuhilfenahme der gegebenen Zahlen durch eine Temperaturmessung an der Flüssigkeit.



Zeitschriften- und Bücherschau.



Neue Bücher.

Die Braunkohlenteerprodukte und das Ölgas. Von Dr. W. Scheithauer. 16. Band der Bibliothek der gesamten Technik. (Hannover, Dr. M. Jänecke 1907.) Die Bibliothek der gesamten Technik will in allgemein verständlicher Darstellung in Einzelschriften eine umfassende Beschreibung unserer Industrien bieten. Das vorliegende Bändchen gehört zu den wertvollsten Teilen dieses verdienstlichen Unternehmens. So knapp die Darstellung erscheint, so reich ist der Inhalt. Man fühlt, daß hinter jeder geschriebenen Zeile eine Summe persönlicher Erfahrung des Verfassers steht. Auch mancher Leser unserer Zeitschrift wird das Buch mit Vorteil studieren. Die Industrie des Ölgases, das im Gemisch mit Azetylen komprimiert zur Beleuchtung unserer Eisenbahnen dient, liegt ja in unserem Interessengebiete und das umsomehr, seit Blau — allerdings bis jetzt mit wenig Erfolg — bemüht ist, die leichter verflüssigbaren Bestandteile des Ölgases in flüssiger Form unter dem Namen „Blaugas" allgemeiner Verwendung zuzuführen.

Thermodynamik und Kinetik der Körper. Von

Prof. Dr. B. Weinstein. III. Band, 1. Halbband. Die verdünnten Lösungen, Die Dissoziation; Thermodynamik der Elektrizität und des Magnetismus. (Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1905.) Wie im Ganzen die Weinstein'sche Behandlung der Thermodynamik und Kinetik eine eigenartige ist, so weicht sie im besondern auch stark vom üblichen ab. Man findet hier die Van t'Hoff'sche Theorie der Lösungen nicht mit der Begeisterung vorgetragen, wie man sie sonst in neueren Büchern findet. Doch begründet der Verf. seine Stellungnahme, wie er auch überall im Konnex mit der Erfahrung bleibt. — Wie es immer interessant ist, die Dinge in neuer Beleuchtung zu sehen, so wird das vorliegende Werk manche Anregung zu geben im stande sein. Freilich muß gesagt sein, daß es keine Lektüre für Anfänger ist. Ohne bemerkenswerte mathematische Kenntnisse ist sie nicht anzuraten.

Physik und Chemie.

Die innere Reibung des Eises. Von Boris Weinberg. (Annal. d. Phys. 22, S. 321.)

Über den Ausfluß des Wasserdampfes und über Dampfmengenmessung. Von F. Bendemann. (Mitteil. Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ing.-Wiss. 37, S. 1, 1907.)

Über das Verhalten einiger Stoffe bei tiefen Temperaturen. Von A. Heiduschka. (Arch. f. Pharm. 244, S. 569, 1906.

Sur le calcul de la compressibilité des gaz au voisinage de la pression atmosphérique au moyen des constantes critiques. Von Daniel Berthelot. (C. R. 144, S. 194, 1907.)

The constancy of thermoelements. Von Walter P. White. (Phys. Rev. 23, S. 449, 1906.)

Bestimmung des Peltiereffekts Konstantan-Eisen bei 20° C. Von Ernst Lecher. (Wien. Ber. 115, S. 1505, 1906.)

The definition of solid and fluid. Von Alfred C. Laue. (Science 25, S. 190.)

Expansion and compressibility of ether and alkohol. Von Alpheus W. Smith.

Die Abhängigkeit der spez. Wärme cp des Wasserdampfs von Druck und Temperatur. Von Osc. Knoblauch und Max Jakob. (Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 51, S. 81, 124, 1907.)

Discontinuité des chaleurs spécifiques à saturation et appliquation aux chaleurs spécifiques de la loi des états correspondants. Von E. H. Amagat. (Bull. Soc. Franç. de Phys. 1906, 239.)

L'équation de van der Waals et l'état liquide. Von P. Bogdan. (Ann. scient. de Jassy 4, S. 151—161, 1907.)

Calcium as an absorbent of gases for the production of high vacua and spectroscopic research. (Read before the Royal Society, 15. November 1906. Chem. News, 95, S. 13—15, 25—28, 1907.)

Über die Darstellung des Ozons durch Elektrolyse. Von Franz Fischer und Karl Massanez. (Z. S. f. Elektrochem. 13, S. 25—27, 1905.)

Die Brennstoffökonomie unserer Wärmekraftmaschinen. Von Wilh. Hort. (Phys. Z. S. 8, S. 55—63, 1907.)

On the Accidental Production of Temporary Errors of Division on a Graduated Circle. Von M. W. Witchell. Monthly Not. Roy. (Astron. Soc. 67, S. 149.)

Über die innere Reibung des Eises. Von P. Weinberg. (Journ. d. russ. phys. chem. Ges. phys. Teil 38, S. 186—224, 250—281, 289—328, 329—361, 1906.)

Contribution to the knowledge of the ψ surface of van der Waals XII. Von H. Kamerlingh-Onnes and W. H. Keesom. On the gas phase sinking in the liquid phase for binary mixtures. (Proc. Amsterdam 9, S. 501—507, 1906.)

Contributions of the knowledge of the surface of van der Waals XIII. Von W. H. Keesom. On the conditions for the sinking and again rising of the gas phase in the liquid phase for binary mixtures. (Proc. Amsterdam 9, S. 508—511, 1906.)

The vapor pressure of carbonic acid at low temperatur. Von John Zeleny and Roy H. Smith. (Phys. Rev. 25, S. 42—49, 1907.)

Bestimmung der Brechungsexponenten von Gasen bei Zimmertemperatur und bei der Temperatur der flüssigen Luft. Von Karl Scheel. (Verh. D. Phys. Ges. 9, S. 24—36, 1907.)

Beiträge zur Theorie der Lösungen. Von John Holmes. I. Die Natur des Molekularzustandes in wässeriger Mischung der niederen Alkohole und der Fettsäuren. II. Molekulare Komplexbildung in flüssigem Zustande. III. Theorie der Nichtmischbarkeit von Flüssigkeiten. (Proc. chem. soc. 22, S. 272—273, 1906. Chem. Zentralblatt 1907, 1, S. 13).

Flüssige Luft und Holzkohle bei niedrigerer Temperatur. Von J. Dewar. (Engineering 81, S. 796, 1906. D. Mech. Ztg. 1906, S. 233—234.)

Untersuchung über Absorption von Stickgas und Wasserstoff durch wässerige Lösungen. Von G. Hüfner. (Z. S. f. phys. Chem. 57, S. 611—625, 1907.)

Die Explosionstemperatur von Wasserstoff-Sauerstoffgemischen. Von K. G. Falk. Journ. Amer. Chem. Soc. 28, S. 1527—1534, 1906. Chem. Zentralbl. 1906, 2, S. 1803—1804.

Kälte-Industrie.

Inwiefern ist die Wärmedurchgangszahl abhängig von dem Temperaturunterschied. Von C. Heinel. (Zeitschr. f. d. ges. Kälteind. 1907, S. 1.)

Frostschutz an Wasserrohren. Von L. Koch. (Zeitschr. f. d. ges. Kälteind. 1907, S. 8.)

Vakuum-Kochanlage zur Herstellung von luftfreiem Gefrierwasser für die Klareisbereitung. (Zeitschr. f. d. ges. Kälteind. 1907, S. 21.)

Der Einfluß der Grundgestelle auf das Dichthalten der Druckverdichter. Von C. Heinel. (Zeitschr. f. d, ges. Kälteind. 1907, S. 25.)

Pressluft-Industrie.

Der Vorkühler, der Zwischenkühler und der Nachkühler. Von Frank Richards. (Compr. Air, Jan. 1907.)

Die Latta-Martinpumpe. (Compr. Air, Jan. 1907.)

Der schädliche Raum der Kompressoren und seine Beziehung zum volumetrischen Wirkungsgrad. (Compr. Air, Jan. 1907.)

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.

Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.

Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete
herausgegeben von
Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler**, Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 8. Mai 1907. X. Jahrgang.

Die „**Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie**“ erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar**, die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Beitrag zur Theorie der Linde'schen Luftverflüssigungsmaschine.

Von **Dr. J. Rožič.**



en verehrten Lesern unserer Zeitschrift ist bekannt, daß Linde im Jahre 1895 seine Luftverflüssigungsmaschine erfunden hat und daß er, ohne näher auf die Sache einzugehen, eine Erklärung von ihr gab. Als Ursache der Abkühlung ist nach ihm die innere Arbeit anzunehmen, welche die Luft als unvollkommenes Gas leisten muß, um die zwischen ihren Molekülen wirkenden Kräfte zu überwinden. Nichtsdestoweniger wurde aber bald darauf von einigen Physikern angenommen, daß die Abkühlung auf Kosten der äußeren Arbeit erfolge. Einen warmen Verteidiger fand diese Theorie in dem um die Verflüssigung der Gase so verdienten Physiker Professor Pierre Raoul Pictet. Und es ist erstaunlich, mit welchem Erfolge er seine Theorie verteidigte, die er auf der Naturforscherversammlung in Meran 1905 mit vielem Eifer vertrat, ohne daß ihm das Gegenteil bewiesen wurde.

Wie Pictet seinen Beweis geführt hat, ist unseren Lesern bekannt. *)

Ich will in diesem Aufsatze zunächst nachweisen, daß die als Ursache der Abkühlung angenommene äußere Arbeit gar keine Abkühlung hervorbringen kann, dann aber für die Abkühlung nichtidealer Gase, für die die van der Waals'sche Gleichung gilt, eine Formel ableiten, die an Stelle der empirisch von Thomson und Joule, später von Rose-Innes gefundenen zu setzen wäre.

*) 1903, 1905 und 1907.

Um den Gegensatz der beiden Theorien kurz zu erläutern, sei es mir im folgenden erlaubt, mit Linde's Worten den Vorgang der Kompression und Entspannung wiederzugeben:

Das durch einen Kompressor vom Drucke p_1 auf den Druck p_2 und mittels eines „Kühlers“ (z. B. durch Brunnenwasser) auf die Temperatur t_1 gebrachte Gas durchläuft das innere Rohr eines Gegenstromapparates und strömt alsdann durch die Mündung eines Drosselventils aus, wobei es sich um einen gewissen Betrag τ abkühlt. Mit der Temperatur $t_1-\tau$ wird es nun in dem ringförmigen, durch die beiden Rohre des Gegenstromapparates gebildeten Zwischenraume dem komprimierten Gase entgegengeführt und überträgt auf dasselbe die erlangte Temperaturerniedrigung, so daß fortdauernd die Temperaturen t_1 und $t_1-\tau$ sinken, bis Beharrungszustand eintritt — sei es durch eine kompensierende Wärmezufuhr von außen, sei es durch innen frei werdende Wärme (bei der Verflüssigung). Das Gas kehrt, nachdem es den Rücklauf durch den Gegenstromapparat vollendet hat, mit dem Drucke p_1 und einer Temperatur t'_1 zurück, welche der Temperatur t_1 um so näher liegt, je vollkommener der Gegenstromapparat den Wärmeaustausch vollzieht (Wiedem. Ann., Bd. 57, p. 328).

Wenn das Gas, welches kondensiert werden soll, Luft ist, geht der Vorgang tatsächlich so

vor sich; nach einiger Zeit erhält man flüssige Luft in dem Sammelgefäße.

Als Ursache der Abkühlung ist von Linde die innere Arbeit angegeben worden, welche die Luft leisten muß, um die Distanz der Moleküle voneinander unter Überwindung der Molekularkräfte zu vergrößern, wenn sie sich von einem Volumen v auf ein größeres Volumen V ausdehnt.

Pictet behauptet dagegen, daß es unter den vorliegenden Verhältnissen keine innere Arbeit bei der Luft gebe, und daß die tatsächlich eintretende Abkühlung auf eine äußere Arbeitsleistung der sich ausdehnenden Luft, indem dieselbe den äußeren Luftdruck zurückschieben muß, zurückzuführen sei.

Nun wissen wir, daß bei der Linde'schen Maschine im Sammelgefäße der Atmosphärendruck herrscht und die Luft, welche durch das Drosselventil ausströmt, sich Platz verschaffen, die Luft, die schon darin ist, hinausdrängen, also eine Arbeit leisten muß, und zwar nach der Ansicht Pictet's auf Kosten der Wärme. Darin liegt der Irrtum Pictet's.

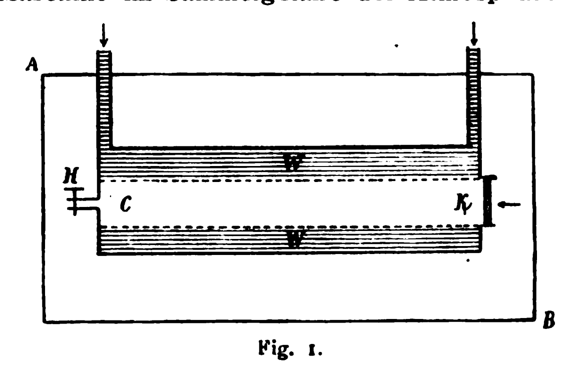


Fig. 1.

I. Um diesen Irrtum klar zu widerlegen, möchte ich einen Prozeß, wie er in der Lindeschen Maschine, natürlich komplizierter, vor sich geht, für ein geschlossenes System durchführen.

Man denke sich einen Zylinder C (Fig. 1) mit einem Kolben K in einer Kammer AB; an dem einen Ende des Zylinders sei ein Hahn H.

Über diesen Zylinder sei ein zweiter gestülpt, der mit zwei Zuleitungsröhren versehen ist. Die gestrichelten Wände des inneren Zylinders sind aus einem sehr guten Wärmeleiter, die ausgezogenen Linien bedeuten dagegen sehr schlechte Leiter. Das Volumen der Kammer, die mit einem idealen Gase gefüllt ist, sei im Verhältnis zum Volumen des Zylinders sehr groß. Die Temperatur des Gases in der Kammer und im Zylinder sei t°. Um den inneren Zylinder fließe Wasser W von derselben Temperatur t°. Das Anfangsvolumen des im Zylinder eingeschlossenen Gases sei v_1 und der Druck p_1, derselbe Druck herrsche in der Kammer; dann haben wir Gleichgewicht, und der Kolben ist in Ruhe.

Man lasse nun auf den Kolben eine Kraft wirken, welche ihn in den Zylinder hineinschiebt. Das Gas wird komprimiert, und wenn die Kompression langsam genug vor sich geht, wird sich die Temperatur des Gases nicht ändern, weil jede Temperaturerhöhung durch das Kühlwasser hintangehalten wird. Die Kompression findet also isothermisch statt. Die dabei ge-

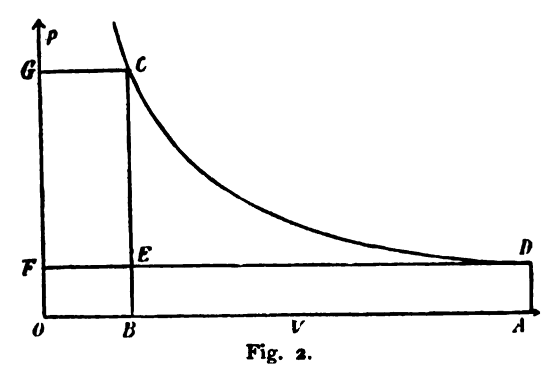


Fig. 2.

leistete Arbeit ist, wenn der Enddruck im Zylinder p_2 ist,

$$A = p_1 v_1 \cdot \lg_n \frac{p_1}{p_2}.$$

Es ist nun interessant, festzustellen, woher diese Arbeit stammt. Im ersten Augenblick wird es den Anschein haben, als hätte der Kompressor, d. i. die Kraft, die man an den Kolben angesetzt hat, allein diese Arbeit ausgeführt, und so scheint sich auch Pictet die Sache vorgestellt zu haben. Dem ist aber nicht so!

Dies läßt sich an der Hand der vorstehenden Skizze (Fig. 2) sehr leicht beweisen. Da die Kompression isothermisch vor sich geht, so ist die Zustandskurve eine sogenannte Isotherme, für ein ideales Gas eine gleichseitige Hyperbel. Die bei dieser Kompression geleistete Arbeit wird durch die Fläche ABCD dargestellt.

Nun kann man diese Fläche in zweckmäßiger Weise in zwei Teile zerlegen:



Rechteck ABED und Fläche EDC.

Die Fläche ABED stellt die Arbeit des Gases vom Druck p_1 in der äußeren Kammer (AB der Fig. 1) dar. Der Druck dieses Gases ruht ja auf dem Kolben K. Das Gas der Kammer ist infolgedessen an der Kompressionsarbeit beteiligt. Dabei wird angenommen, daß sein Druck p_1 in der Kammer sich nicht merklich ändert, sodaß also DE als gerade und parallel mit AB angesehen werden kann, was infolge der Voraussetzung, daß die Kammer sehr groß ist, angenommen werden darf.

Diese Fläche und die dadurch dargestellte Arbeit ist

$$A_G = p_1 (v_1 - v_2)$$

Der Kompressor muß den übrigen Teil der Arbeit leisten, diese entspricht der Fläche DEC

$$A_K = C \lg_n \frac{p_2}{p_1} - p_1 (v_1 - v_2)$$

Die ganze Arbeit A verwandelt sich aber in Wärme und erwärmt das Kühlwasser, welches abfließt und eine Temperaturänderung der Kammer verhindert.

Hier ist schon etwas Wichtiges zu bemerken: In dem Wasser, welches mit einer nur wenig höheren Temperatur aus der Kammer ausströmt, als es eingeströmt ist, erhalten wir außerhalb der Kammer eine größere Energiemenge in Form von Wärme, als der Kompressor als Arbeit in die Kammer eingeführt hat. Das Plus bringt eben die Arbeit zum Ausdruck, die das Gas der Kammer beim Drucke p_1 geleistet hat.

Damit aber unsere Voraussetzungen mit den Vorgängen in der Lindemaschine übereinstimmen, ist noch folgendes zu beachten. Wenn man nun den Kolben festhält und den Hahn H öffnet, so strömt das Gas aus, erhöht wieder den Druck in der Kammer. Das Gas jedoch, welches ausströmt und noch in dem kleinen Volumen v_2 verbleibt, zeigt eine Temperaturerniedrigung, entsprechend der Arbeit, die es geleistet hat. Das wäre der Vorgang, wie sich ihn Pictet vorstellt. Betrachtet man jedoch bei diesem Prozesse den Druck in dem Volumen v_2, so erkennt man, daß er abnimmt. In der Linde'schen Maschine dagegen ist der Druck in der inneren Röhre konstant; jener Vorgang also ist auf die Linde'sche Maschine nicht anwendbar.

Es muß bei unserem idealen Prozesse die Anordnung so getroffen werden, daß während des Ausströmens des Gases aus dem Hahn H der Druck im Innern konstant bleibt. Dies erreichen wir so, daß wir während des Ausströmens des Gases immer mit dem Kolben nachrücken und fortwährend mit dem Drucke p_2 darauf drücken.

Wir müssen während des Ausströmens fortwährend Arbeit leisten. Da uns hierbei der Druck p_1 noch mithilft, so leistet unser Kompressor allein die Arbeit

$$(p_2 - p_1)\, v_2,$$

das Gas in der Kammer leistet unterdessen $p_1\, v_2$.

Auf der andern Seite leistet das komprimierte Gas bei seiner Ausdehnung unter Überwindung des Kammerdrucks p_1 die Arbeit $p_1\, v_1$.

Es fragt sich nun, ob die letztgenannte Arbeit derjenigen gleich ist, die bei der Ausströmung zur Konstanthaltung des Druckes in der Röhre aufgewandt ist. Das ist bei Voraussetzung eines vollkommenen Gases in der Tat der Fall, denn aus

$$p_1\, v_1 = (p_2 - p_1)\, v_2 + p_1\, v_2$$

folgt

$$p_1\, v_1 = p_2\, v_2$$

Es ist demnach kein Grund zu einer Temperaturänderung des ausströmenden Gases vorhanden.

Es bleibt noch festzustellen, daß bei dem betrachteten Prozeß auch das Gas in der Kammer AB keine Temperaturerniedrigung erfahren hat; denn die dem System während der Periode der Kompression durch das Kühlwasser über den Betrag der zugeführten Kompressorarbeit hinaus entzogene Energie

$$A - A_K = p_1 (v_1 - v_2)$$

ist durch die gleichwertige Arbeit

$$(p_2 - p_1)\, v_2,$$

die der Kompressor während der Periode der Ausströmung geleistet hat, dem System wieder zugeführt worden.

Durch unseren idealen Prozeß ist also eine aus einer äußeren Arbeitsleistung resultierende Abkühlung des vollkommenen Gases nicht zu erreichen.

Wenden wir uns der wirklichen Linde'schen Maschine zu und versuchen wir ein Gas zu verdichten. Es sei dies die Luft, welche nach der

Ansicht Pictets als ideales Gas zu behandeln ist.

Vor allem wird die im Kompressionszylinder aus der Atmosphäre (im früheren Beispiel der großen Kammer) angesaugte Luft komprimiert und zwar möglichst isothermisch. Die Wärmeleitung des Zylinders soll demnach vollständig sein. Ebenso seien die Wände der inneren Röhre für die Wärme vollständig durchlässig.

Der Anfangsdruck in der Röhre sei p_o. Beim ersten Kolbenhub wird ein Quantum Luft in die Röhre eingepumpt. Weil das Drosselventil noch geschlossen ist, muß der Druck in der Röhre zunehmen. Die Temperatur in der Röhre würde steigen, wenn die Wärme nicht fortgeleitet werden könnte. Nach n Kolbenzügen sei der Druck in der Röhre auf p_n gestiegen, und zwar wird die Luft im Kompressionszylinder beim n-ten Kolbenhube auf den Druck p_{n-1} und dann in die innere Röhre, und zugleich die ganze Luft auf den Druck p_n gebracht.

Nun wird aus der inneren Röhre durch das Drosselventil die Luft ausgelassen. Weil das Ausströmen jetzt kontinuierlich vor sich geht, wird der Druck in der Röhre kontinuierlich abnehmen. Wenn wir das Drosselventil soweit öffnen, daß in der Zeit eines Kolbenhubes so viel Luft ausströmt, als durch den Kompressor eingepumpt wird, so werden wir ein Schwanken des Druckes in der Röhre konstatieren können und zwar zwischen den Grenzen p_{n-1} und p_n.

Diese Druckschwankung wird um so geringer sein, je schneller das Kolbenspiel und je kleiner das Hubvolumen des Kompressors ist. Es steht also nichts im Wege sie praktisch konstant $= p_n$ anzunehmen.

Betrachten wir, was am Drosselventil vorgeht! Weil der Druck im Innern beinahe konstant bleibt, wird durch das Ventil ein ziemlich konstanter Luftstrom hindurchgehen. Diese Strömung, welche Energie absorbiert, geschieht auf Kosten des Druckes in der inneren Röhre, die Luft kühlte sich kontinuierlich ab, wenn man sie nicht durch das Einpumpen neuer Luft adiabatisch erwärmen würde. Sobald man aber mit dem Einpumpen aufhören würde, würde die Temperatur der Luft in der Röhre sinken, und dann würde der Luftstrom am Ventil immer kälter werden.

Wenn am Ventil keine Reibung wäre, würde die Luft mit einer Geschwindigkeit

$$w=\sqrt{2\cdot g\cdot\frac{K}{K-1}\cdot p_n v_n\left[1-\frac{p_o}{p_n}\right]^{\frac{K-1}{K}}}\ \text{(in Metern)}$$

ausfließen. $g = 9{,}81$; $K = 1{,}41$; p_n ist der Druck in einem, p_o im anderen Gefäße.

Die translatorische Energie $M\frac{w^2}{2}$ einer mit der Geschwindigkeit w ausströmenden Menge Luft M wird dem Druck der Luft in der Röhre entnommen. (Die Gase im Kanonenrohr kühlen sich ab, wenn sie die Kugel hinausschleudern.) Hier hat aber, wie wir oben sahen, die Masse M ihre ursprüngliche Temperatur. Außerhalb des Ventils ist der Druck p_o, die Luft dehnt sich aus, leistet Arbeit und kühlt sich ab. Dafür hat sie aber entsprechend dieser Abkühlung die kinetische Energie $M\frac{w^2}{2}$ in sich.

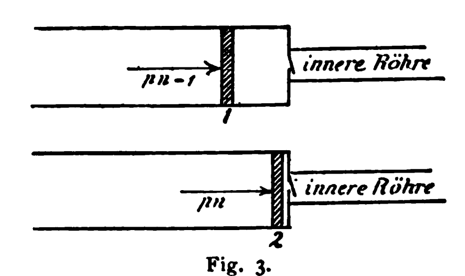


Fig. 3.

Durch das Anstoßen der Moleküle an ruhige Luftmassen und an die Wände büßen dieselben ihre geordnete Bewegung ein; ihre lebendige Kraft wird dadurch verbraucht und in Wärme umgewandelt. Die ursprüngliche Abkühlung wird dadurch genau ausgeglichen. Eine dauernde Abkühlung ist also auch infolge der Strömung nicht möglich.

Wenn jedoch, wie in einem wirklichen Ventil, Reibung vorhanden ist, dann erreicht die geordnete Geschwindigkeit w niemals die oben angeschriebene Größe, sondern bleibt kleiner, dafür kompensieren sich teilweise im Ventil schon die angeführte Abkühlung und Erwärmung. Also findet auch hier keine Abkühlung der abströmenden Gase statt.

Wenn wir nun die nicht abgekühlte Luft durch den Gegenstromapparat auch zurückführen, so wird in der inneren Röhre keine Abkühlung eintreten, d. h. die Linde'sche Maschine müßte uns im Stiche lassen, wenn die Luft ein ideales Gas wäre. Sie läßt uns auch in Wirklichkeit im Stich, wenn wir an Stelle

der Luft ein Gas nehmen, welches einem idealen näher liegt, nämlich Wasserstoff. Eine Theorie der Lindemaschine, die die Annahme, die Luft sei ein ideales Gas, zu ihrer Grundlage hat steht demnach nicht im Einklang mit den Tatsachen.

Wir haben im vorstehenden Teil dieser Abhandlung gesehen, einerseits, daß ein ideales Gas in der Linde'schen Luftverflüssigungsmaschine keine Abkühlung zeigen kann und andererseits, daß bei dem der Linde'schen Maschine zu Grunde liegenden Vorgang äußere Arbeit nicht geleistet wird. Wenn es trotzdem gelingt, Luft in der Maschine zu verflüssigen, so muß die entsprechende Abkühlung die Folge andersgearteter Arbeitsvorgänge sein, die Folge innerer Arbeit, in der eben die Abweichungen vom Verhalten der idealen Gase zum Ausdruck kommen. Es sei darum gestattet, uns demnächst mit diesen Abweichungen zu beschäftigen.

(Fortsetzung folgt.)



Das gelöste Azetylen.

Von Direktor L. Kuchel-Wien.



Zur Zeit der Einführung und der ersten praktischen Verwendung des Azetylens, vor nunmehr 12 Jahren, glaubte man im Azetylen eine Gasart gefunden zu haben, welche infolge ihrer hohen Lichtintensität dazu berufen sei, in verdichtetem Zustande in ähnlicher Weise wie Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlensäure verwendet zu werden. Die Möglichkeit große Lichtmengen bzw. Wärmeenergien sozusagen in Stahlflaschen verdichtet an den jeweiligen Verwendungsort transportieren zu können, trug einem vorhandenen längst empfundenen Bedürfnis Rechnung und schien die Einführung des Azetylens wesentlich erleichtern zu sollen.

Das Azetylen kann leicht durch Druck oder Kälte in flüssigen Zustand verwandelt werden. Das flüssige Azetylen ist farblos, leicht beweglich, sehr durchsichtig und besitzt ein großes Brechungsvermögen. Das spez. Gewicht beträgt bei + 16,4 °C 0,420.

Die Verflüssigung des Azetylens, wobei die Gefahr einer Explosion am stärksten ist, kann durch Anwendung tiefer Temperaturen absolut gefahrlos gemacht werden. Es ist genügend bekannt, daß chemische Reaktionen bei einer gewissen Temperatur praktisch zum Stillstand kommen. Für den Zerfall des Azetylens liegt diese Temperatur bei -80^0 C.

Bei tiefen Temperaturen läßt sich eine Zersetzung des flüssigen Azetylens selbst durch einen mittels elektrischen Stromes zur Rotglut erhitzten Platindraht nicht erreichen.

Das für die Verflüssigung bestimmte Azetylen muß besonders gut getrocknet sein, bevor es in die Kompressoren geleitet wird, da die Feuchtigkeit durch die Ausdehnung des Gases oft zum Gefrieren kommt und Verstopfungen der Rohrleitungen hervorruft, was indirekt zu Explosionen Veranlassung geben kann; hiergegen gewähren jedoch sachgemäß konstruierte technische Einrichtungen vollständigen Schutz.

Einstweilen ist jedoch nicht an die Herstellung und Verwendung des flüssigen Azetylens für Beleuchtungszwecke zu denken, da infolge sehr heftiger Explosionen, welche sich in dem ersten Stadium der Azetylenindustrie bei den Kompressionsversuchen ereigneten, die Verflüssigung des Azetylens in den meisten Staaten verboten wurde. Hierdurch wurde das flüssige Azetylen aus der Technik ausgeschaltet und mußte sich in die wissenschaftlichen Laboratorien flüchten.

Die Furcht vor der Gefährlichkeit des Azetylens, welche auch heute noch nicht völlig überwunden ist, schreckt vor der Anwendung in verdichteter Form, und auch noch häufig genug vor der Herstellung in gewöhnlicher Weise ab. Leider läßt sich die einmal von einem Vorurteil eingenommene Menge durch die erhaltenen wissenschaftlichen Befunde nicht so schnell belehren und überzeugen. Wie bei jeder neuen Industrie fehlten anfangs die eingehenden Versuche und die praktischen Erfahrungen über die Eigenschaften dieses Gases

und erst allmählich wurde durch wissenschaftliche Untersuchungen festgestellt, wie sich die Explosivität des Azetylens tatsächlich verhält und welchen Einfluß die Kompression auf dasselbe ausübt.

Trotzdem das Azetylen infolge seines endothermischen Wesens einen großen Energiespeicher darstellt, pflanzt sich eine an einer Stelle eines bestimmten Azetylenvolumens eingeleitete Zersetzung unter atmosphärischen und konstantem Druck nicht merklich fort. Weder der elektrische Funke, noch glühender Platindraht, noch eine Initialzündung mittelst Knallquecksilber sind imstande, eine explosive Wirkung über den Angriffspunkt hinaus auszuüben. Dies erklärt sich daraus, daß die Azetylenmoleküle nicht dicht genug aneinander gelagert sind, um die Explosionswelle fortleiten zu können. Wird jedoch das Azetylen unter einem 2 Atm. übersteigenden Druck verdichtet, so sind die Azetylenmoleküle nahe genug aneinandergerückt, um eine an einem Punkte eingeleitete Zersetzung durch das ganze Volumen verbreiten zu können, und die Explosivität nimmt mit der Druckerhöhung zu.

Nachdem durch eingehende Versuche diese Tatsache festgestellt war, wußte man unter welchen Bedingungen das Azetylen zur Explosion Veranlassung geben kann und hieraus ergab sich, in welcher Weise die Herstellung des Azetylens gefahrlos möglich war, von der Verwendung in komprimierter Form wurde abgesehen und die Azetylenindustrie hat sich seitdem lediglich die Erzeugung des Azetylens durch besondere Apparate am Orte der Verwendung selbst zum Ziel gesetzt, welche teils automatisch, teils und namentlich für größere Anlagen für Handbetrieb eingerichtet sind.

Die Vorteile jedoch, welche in der Anwendung des Azetylens in verdichteter Form für ambulante Zwecke liegen, besonders für die Beleuchtung von Eisenbahnenwaggons, sowie von Fahrzeugen aller Art, in welchen die Entwicklung aus Carbid durch Zuführung von Wasser in selbsterzeugenden Apparaten, wegen der Erschütterung durch die Fahrt, aus Platzmangel, Gefahr gegen Einfrieren oder anderen Gründen nicht möglich war, waren jedoch zu aussichtsvoll, daß nicht von verschiedenen Seiten daran weitergearbeitet wurde, die Gefährlichkeit des komprimierten Azetylens durch besondere Vorrichtungen zu beseitigen.

Da nun die Einleitung der Zersetzung des Azetylens in erster Linie durch Wärmeeinwirkung erfolgt, kann dieselbe vermindert, bzw. aufgehoben werden, wenn gleichzeitig eine Wärmeabsorption erfolgt. Diese kann durch Beimischung inerter und exothermischer Stoffe bewirkt werden, welche sich bei der Temperatur des Zerfalls von Azetylen zersetzen und hierbei Wärme absorbieren. Hierdurch findet gleichzeitig wieder eine gewisse Weiterlagerung der Azetylenmoleküle statt, wodurch eine Verlangsamung bzw. Aufhebung der Fortpflanzung der Explosionswelle eintritt.

Aber auch flüssige Stoffe bewirken eine Herabsetzung der Explosionsgrenze und, da die Löslichkeit des Azetylens in Flüssigkeiten bekannt war, kamen bereits im Jahre 1896 Claude und Hess in Paris auf den Gedanken, diese Eigenschaft des Azetylens zu benützen um dasselbe unter viel geringerem Druck, als zur Verflüssigung notwendig ist, anzusammeln. Reines Azeton erwies sich besonders geeignet für den genannten Zweck. Bei atmosphärischem Druck kann es das 24fache seines eigenen Volumens an Azetylen in sich aufnehmen.

Unter einem Druck von 12 Atm. löst 1 Liter Azeton ca. 300 Liter Azetylen. Hierbei erfolgt eine Volumenvergrößerung des Azetons um 4 Proz. bei je 1 Atm. Druck, so daß 1 Liter Azeton, wenn er unter einem Druck von 12 Atm. mit Azetylen vollständig gesättigt ist, einen Raum von nur $1^1/_2$ Liter einnimmt.

Die Fähigkeit des Azetons, Azetylen zu absorbieren, steigt mit fallender Temperatur ganz außerordentlich. — Annähernd bei —80° C (dem Erstarrungspunkte des Azetylens) kann 1 Liter Azeton unter Atmosphärendruck mehr als 2000 Liter Azetylen absorbieren bei einer Volumenvergrößerung auf nur ca. 4 Liter.

Die angestellten Versuche mit im Azeton gelösten Azetylen ergaben, daß dasselbe bis zu einem Anfangsdruck von 10 Atm. unter Zugrundelegung einer Höchsttemperatur von 15° C dem Bereich der Explosion fast ganz entzogen war, und selbst eine Zersetzung im

Innern der Flüssigkeit ist weder durch eine Entzündung noch durch Stoßwirkung zu erreichen.

Mit dem Steigen der Temperatur, welches im praktischen Gebrauch bei einem Behälter mit komprimiertem Gas unvermeidlich ist, beim Erwärmen desselben durch den Einfluß der Sonnenstrahlen oder anderer Wärmequellen, treten der jeweiligen Temperaturerhöhung entsprechende Drucke auf, welche wieder im Bereich der Explosivität liegen.

Ferner läßt sich in der Praxis eine Stahlflasche niemals vollkommen füllen. Ebensowenig kann man sie im Betrieb gefüllt erhalten, da mit dem heraustretenden Azetylen dauernd Azetonverluste verbunden sind. Infolgedessen befindet sich über der Flüssigkeit nur eine Dampfatmosphäre, die in der Hauptsache aus Azetylen besteht, welches seine gewöhnlichen explosiven Eigenschaften besitzt.

Wenngleich sich bei einer eingeleiteten Zersetzung dieselbe nicht auf das Innere der Flüssigkeit fortpflanzt, sondern nur sich auf die gasförmige Menge beschränkt, können jedoch Drucke auftreten, durch welche ein Zersprengen der Stahlflasche möglich ist. Obschon also das in Azeton gelöste Azetylen an sich ungefährlich ist, war es aus den eben angeführten Gründen praktischer Verwendung nicht zugänglich.

Die gefundene große Absorptionsfähigkeit des Azetons für Azetylen war jedoch von großer Wichtigkeit und es mußte ein Verfahren gefunden werden, um diese Eigenart des Azetons unter vollständiger Aufhebung der Explosionsgefahr ausnützen zu können. Dasselbe wurde gefunden durch die Kombination mit einem in der Sprengstofftechnik bereits bekannten Verfahren.

Aus der Sprengstofftechnik war es bekannt, daß die Zersetzung von flüssigen Sprengstoffen erheblich gemildert und reguliert werden kann, wenn man dieselben in poröser Masse aufsaugt. Es lag deshalb nahe, dieses Verfahren auf das in Azeton gelöste Azetylen anzuwenden.

Die Anwendung dieses Verfahrens besteht darin, daß die Stahlflaschen mit einer porösen Substanz vollständig angefüllt werden, die poröse Masse wird mit Azeton getränkt und das Azetylen mittels Kompressoren in die Stahlflaschen gedrückt. Der Erfolg hat gezeigt, daß eine vollständige Aufhebung der Explosionsgefahr erreicht wird.

Die Art der Wirkung der porösen Masse ergibt sich aus Folgendem:

Bereits die Versuche Le Chateliers haben ergeben, daß selbst in den explosivsten Gasgemischen wie beispielsweise in Azetylen und Sauerstoff die Explosion in Röhren von $^1/_2$ mm Durchmesser nicht fortgeleitet werden kann und ein poröser Körper bildet ja nicht anderes wie ein System von unzähligen außerordentlich engen Röhren, so daß die Erklärung für die Aufhebung der Explosionsgefahr des gelösten Azetylens bereits durch die Versuche Le Chateliers gegeben ist.

Die angestellten Versuche mit in solcher Weise unter hohem Druck mit Azetylen gefüllten Behältern ergaben, daß eine explosive Zersetzung nicht zu erreichen war. Die Zündungen, welche sowohl mittels des elektrischen Funkens, als auch mittels eines glühenden Platindrahtes oder durch Initialzündung mittels Knallquecksilberpatrone erfolgten, ergaben, daß die Explosionswelle, welche an dem Entzündungspunkte entsteht, sich nicht durch die Poren der verwendeten Füllmasse fortpflanzen kann, sondern sich immer nur auf den Angriffspunkt beschränkt.

Die Versuche erstreckten sich auf alle Fälle, welche bei der praktischen Anwendung solcher Behälter im Bereich der Möglichkeit liegen.

Es wurde nicht nur das in Stahlflaschen komprimierte und gelöste Azetylen zur Entzündung gebracht, sondern die Untersuchungen erstreckten sich auch auf Stoß und Schlag. Auch wurde durch einen Versuch der Beweis erbracht, daß sich bei längerem Gebrauch in denjenigen Behältern, welche Erschütterungen ausgesetzt sind, die poröse Masse nicht locker wird, sondern sich unverändert und kompakt erhält.

Für die praktische Verwendung des gelösten Azetylens ist es ferner von großer Wichtigkeit die Druckerhöhung, welche der Einfluß der Temperatur auf dasselbe ausübt, zu kennen; die hierüber angestellten Versuche sind aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

Einwirkung der Temperatur auf die Druckerhöhung.

Versuch I		Versuch II		Versuch III	
Temperatur	Druck in Atmosph.	Temperatur	Druck in Atmosph.	Temperatur	Druck in Atmosph.
18,9	10,5	18,5	12,1	19,9	14,1
26,0	11,5	27,3	13,9	31,1	16,9
30,2	12,7	36,8	16,9	40,5	21,4
39,4	14.7	49,7	22,8	52,2	26,95
50,5	17,7	58,0	25,5	60,1	31,4
68,0	25,2	74,2	31,3	74.4	37,2
84,4	32,3	84,1	35,2	86,1	42,3
98,1	39,2	97,75	43,5	98,4	48,9

Diese Zusammenstellung zeigt, daß — unabhängig vom Anfangsdruck — die Drucksteigerung durch die Wärmeeinwirkung im gleichen Verhältnis zur Temperaturerhöhung erfolgt.

Unseren klimatischen Verhältnissen entsprechend kann nun durch die Einwirkung direkter Sonnenstrahlen eine Höchsttemperatur von 55° C auftreten.

Für die Praxis ergibt sich demnach aus diesen Versuchen, daß in Behältern, welche mit gelöstem Azetylen, bei einer Temperatur von 20° C unter einem Druck von 12 Atm. gesättigt werden, ein Maximaldruck von ca. 24 Atm. entstehen könnte.

Wenn nun auch die Wandungen der Behälter, welche einen guten Wärmeleiter bilden, eine noch höhere Temperatur durch die Wärmeeinwirkung annehmen können, so würde sich dieselbe doch nicht dem ganzen Inhalt des Behäters mitteilen, da die poröse Masse im gleichen Verhältnis als schlechter Wärmeleiter wirkt und so eine weitere Druckerhöhung verhindert. Bei diesem Vorgang ist ferner zu berücksichtigen, daß eine derartig hohe Wärmeeinwirkung durch Sonnenstrahlen immer nur vorübergehend, auf eine kurze Zeit beschränkt sein wird, nämlich in den Stunden des höchsten Standes der Sonne, worauf dann immer sehr schnell eine wesentliche Temperaturabnahme erfolgt.

Um jedoch auch vollständige Klarheit über das Verhalten des gelösten Azetylens bei Einwirkung höherer Temperaturen zu erhalten, welchen ein gefüllter Behälter bei einer eintretenden Feuersbrunst ausgesetzt sein kann, sind Versuche ausgeführt, bei welchen eine mit Azetylen vollständig gesättigte Stahlflasche in ein Feuer gebettet wurde.

Die Flasche war mit einem Sicherheitspfropfen versehen, wie solche in der Praxis verwendet werden, mit einer bei 170° C schmelzenden Legierung. Hierbei ergab sich, daß nach Schmelzen in derselben das Gas ausbrannte ohne irgendwelche explosive Erscheinungen zu zeigen.

Nach dem Ausfall dieses Versuches erscheint es ausgeschlossen, daß durch Wärmeeinwirkungen Drucke auftreten können, welche ein Zersprengen der Behälterwandungen herbeiführen können, wenn ein entsprechender Sicherheitspfropfen an dem Behälter angebracht ist.

Abgesehen von der Sicherheit der Anwendung, bieten die porösen Substanzen auch sonst noch verschiedene Vorteile gegenüber der reinen Lösung. Wie bereits erwähnt, ist ein vollständiges Füllen der Behälter mit Flüssigkeit ausgeschlossen, es bleibt deshalb stets eine gasförmige explosive Atmosphäre über dem Niveau derselben zurück, die Behälter müssen ferner stets aufrecht stehen, da die Flüssigkeit sonst ausfließen und die Ableitungsröhren verschließen würde, die Lösung des Azetylens in Azeton, sowie das Ablassen des Azetylens aus der Lösung geht außerdem nur unter Schütteln leicht und vollkommen vor sich.

Die porösen Substanzen beseitigen alle diese Nachteile, sie ermöglichen es die Stahlflaschen vollständig zu füllen, dieselben lassen sich in jede beliebige Stellung bringen, jede Möglichkeit des Ausfließens ist beseitigt, sie befördern die Lösung und beseitigen die Erscheinung der Übersättigung, so daß ohne jedes Schütteln die regelmäßige Füllung und Verwendung des Azetylens nur durch Öffnen des Ablaßhahnes bewerkstelligt werden kann. (Fortsetzung folgt.)



Wissenschaftliche und technische Mitteilungen.



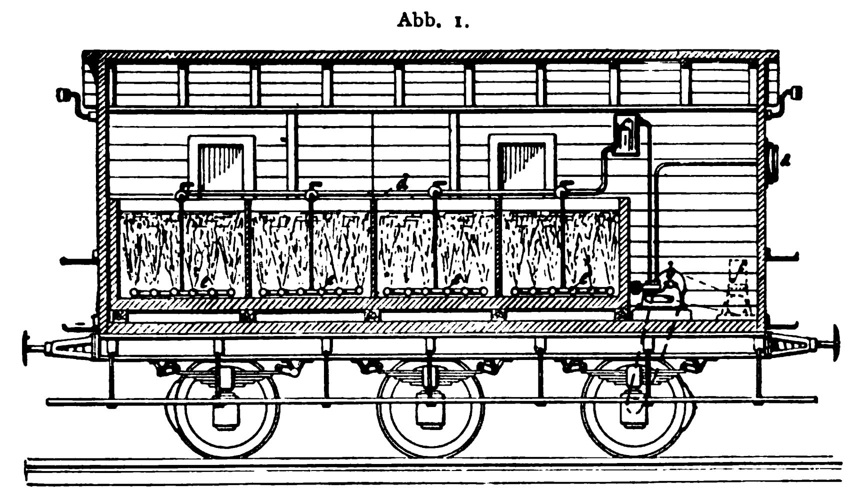
Der Preßluftstab.*) Unter diesem etwas merkwürdig klingenden Namen wird von der „Preßluftstabzuführungs-Gesellschaft m. b. H. in Berlin“ eine Erfindung auf den Markt gebracht, welche die Lebenderhaltung von Fischen

*) Prometheus, den 2. Januar 1907.



während der Versendung und in ruhenden Behältern, sowie die Enteisenung von Trinkwasser und zu gewerblichen Zwecken dienenden Wassers und schließlich auch das Einführen und innige

Abb. 1.



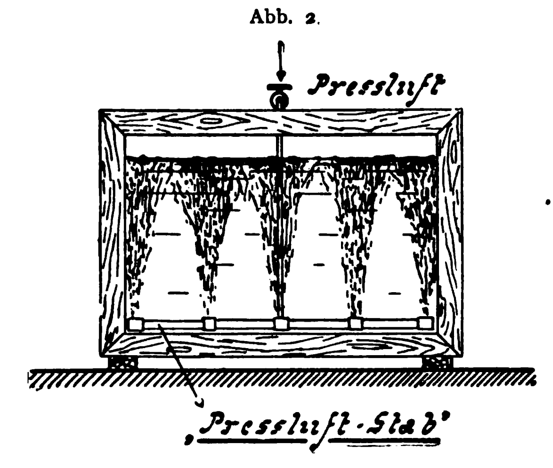
Eisenbahntransportwagen für lebende Fische mit Preßluftstab-Einrichtung der Firma Gebr. Jacob, Berlin und Stettin.

Mischen von Gasen mit Flüssigkeiten aller Art bezweckt. Die Vorrichtung hat ihren Namen von dem der Preßluft als Behälter dienenden stabförmigen Körper erhalten, aus dem die Preßluft in die Flüssigkeit, in welcher sie zur Wirkung kommen soll, ausströmt. Die Beschaffenheit dieses Stabes ist einstweilen noch ein Geheimnis der Gesellschaft. In diesen an eine Rohrleitung angeschlossenen Stab fördert eine Pumpe die Luft oder das Gas in einem beliebig einstellbaren Grade der Verdichtung, sodaß die Luft oder das Gas unter einem dem jeweiligen Zweck entsprechenden Druck ausströmt und die Flüssigkeit von unten nach oben zu deren Oberfläche durcheilt. Damit eine vollkommene Durchlüftung der Flüssigkeit erreicht wird, müssen die Preßluftstäbe auf dem Grunde der Flüssigkeit liegen und die Luft muß in den Stäben unter einem Druck stehen, der größer ist, als der Druck der Flüssigkeit über ihnen. Da derselbe erst bei 10 m Wasserhöhe eine Atmosphäre beträgt, so geht daraus hervor, daß es sich in der Praxis meist nur um einen ganz geringen Verdichtungsdruck handelt. Die Anregungzu der Erfindung gab die Fischgroßhandlung der Gebrüder Jacob in Berlin und Stettin, der es darum zu tun war, Fische während längerer Eisenbahnfahrten oder in ruhenden Behältern auf längere Zeit lebend zu erhalten. Das bisher gebräuchliche, diesem Zweck dienende Verfahren besteht darin, daß man frisches Wasser in einem unter angemessenem Leitungsdruck stehenden Strahl in den Behälter eintreten läßt. Durch den Wasserstrahl wird zwar Luft mitgerissen, aber es liegt auf der Hand, daß eine Durchlüftung des Wassers auf diese Weise in um so geringerem Maße stattfindet, je größer die Wassermenge des Behälters ist.

Die Erfahrung hat aber gelehrt, daß es für die Erhaltung der Fische weniger auf eine Erneuerung des Wassers, als auf eine dauernde gründliche Durchlüftung desselben ankommt. Sie ist um so notwendiger, je größer die Menge der Fische im Verhältnis zu der des Wassers ist, in dem sie leben sollen.

Aus diesen Erwägungen ist die Einrichtung für den Eisenbahnversand von lebenden Fischen des Ingenieurs A. Serényi in Berlin hervorgegangen, welche die Abbildung 1 veranschaulicht. Durch den Filter a wird von der Luftpumpe b Luft angesaugt und in den Windkessel

Abb. 2.



System und Anordnung der Preßluftstäbe.

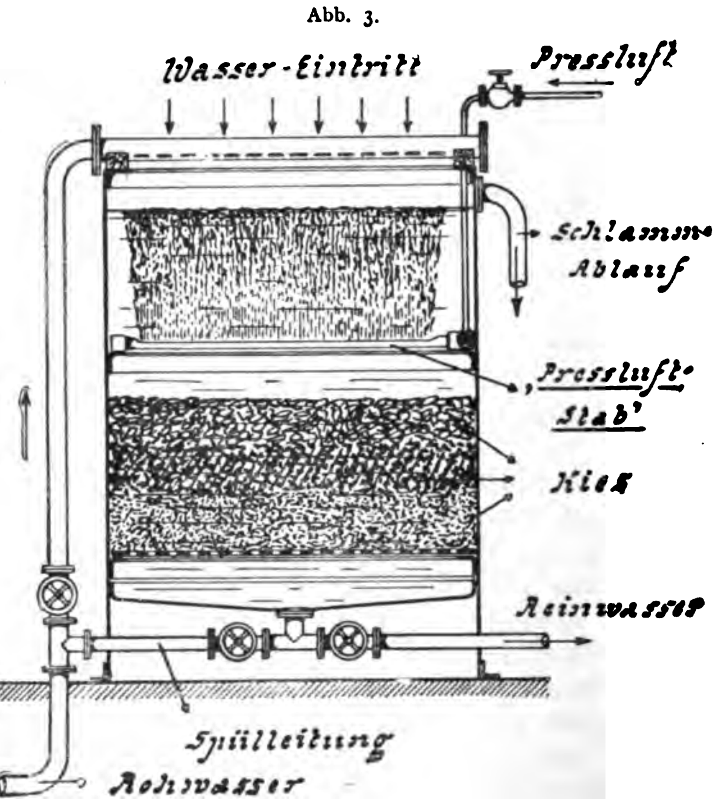
c gedrückt, aus dem sie durch die Verteilungsrohre d und die anschließenden Zweigleitungen den Preßluftstäben auf dem Boden des Fischbehälters zugeführt wird. Aus diesen Stäben

strömt die Frischluft in feinster Verteilung in das Wasser und steigt zu dessen Oberfläche hinauf (Abb. 2). Man hat es in der Hand, durch Hähne, welche in die Rohrleitung eingeschaltet sind, die Luftzufuhr zu den einzelnen Behältern nach Belieben zu regeln.

Die Luftpumpe kann durch Riemenantrieb von der Wagenachse oder von einem kleinen Motor f betätigt werden. Die erstere Betriebsweise ist zwar billiger, aber von der Bewegung des Wagens abhängig. Um daher bei länger dauernden Aufenthalten den Betrieb nicht auszusetzen, wird ein Motor nicht entbehrlich sein, der für stehende Behälter allein in Frage kommen kann. Nach den bisherigen Erfahrungen der genannten Fischhandlung können die mit Preßluftstab-Einrichtung versehenen Behälter nicht nur mit einer wesentlich größeren Menge Fische als bisher besetzt werden, auch die Dauer der Fahrt darf eine längere sein. Es hat mit bestem Erfolg schon wiederholt eine Fahrtdauer von etwa 82 Stunden stattgefunden.

Die Geeignetheit der Preßluftstab-Vorrichtung zu einem gründlichen Durchlüften des Wassers stellte bei der großen Einfachheit der Anlage ihre vorteilhafte Verwendung zur Enteisenung von Wasser in Aussicht. In ganz Norddeutschland enthält das Grund-, oft auch das Quellwasser solche Mengen Eisen, daß es zu seiner Brauchbarkeit für städtische Wasserversorgungen, wie für manche technischen Betriebe, z. B. Färbereien, Waschanstalten, Brauereien usw., vorher einer Beseitigung des in ihm aufgelösten Eisens bedarf. Das hierzu gebräuchliche Verfahren besteht in der Regel darin, das in Form von Oxydulsalzen im Wasser gelöste Eisen mittels Zuführung von Luft durch den Sauerstoff derselben in Oxydhydrat zu verwandeln, das im Wasser unlöslich ist und sich deshalb auf mechanischem Wege durch Filtrieren ausscheiden läßt. Die Art des Filtrierens mit ihren Filteranlagen ist dagegen recht verschieden. Meist wird das Wasser in Brausen hinaufgehoben, um beim Herabströmen aus denselben auf Kieslager durchlüftet zu werden, oder das Wasser rieselt durch Kokstürme usw. Um eine genügende Durchlüftung des Wassers zu ermöglichen, müssen solche Anlagen meist eine bedeutende Höhe erhalten, das Hinaufheben des Wassers erfordert dann natürlich entsprechend kräftige Pumpwerke. Davon kann zwar bei Anwendung von Plattenfiltern aus künstlichem Sandstein Abstand genommen

Abb. 3.



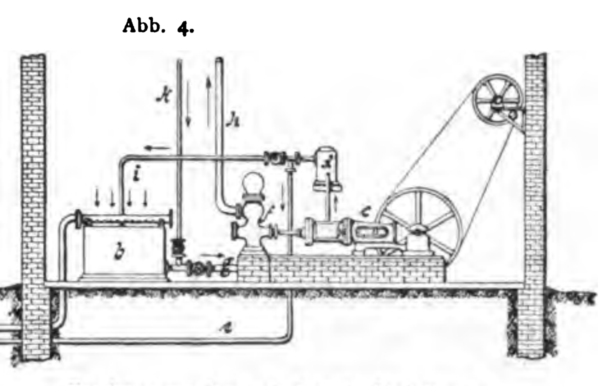
werden, aber diese Einrichtung selbst ist dann um so komplizierter.

Wesentlich einfacher gestaltet sich die Anlage eines Preßluftstab-Enteiseners, dessen allgemeine Anordnung Abbildung 3 ersichtlich macht. Zur innigen Durchlüftung des Wassers ist nur eine verhältnismäßig geringe Luftmenge von niedriger Spannung erforderlich, weshalb auch eine verhältnismäßig geringe Betriebskraft für die ganze Anlage ausreicht, die für eine gleiche Leistung gebrauchsfertigen Wassers wesentlich kleiner zu sein braucht, als bei anderen Enteisenungsanlagen.

Als besonders zweckmäßig für den Betrieb einer solchen Enteisenungsanlage hat sich auch die Star-Preßluft-Pumpe von Ingenieur A. Serényi erwiesen, deren Verbindung mit der Ent-

eisenung die Abbildung 4 veranschaulicht. Durch die Rohrleitung a gelangt das von der Preßluftpumpe c aus dem Brunnen gehobene Wasser in den mit dem Preßluftstab ausgerüsteten Enteisener b, dessen Preßluftstab aus dem von der Luftpumpe gespeisten Windkessel d durch die Rohrleitung i mit verdichteter Luft versorgt wird. Das enteisente Wasser wird mittelst der Rohrleitung g durch die Druckpumpe f aus dem Enteisener entnommen und durch die Rohrleitung h in den Hochbehälter für Gebrauchswasser gedrückt. Die Reinigung des Enteiseners erfolgt in gebräuchlicher Weise durch Rückspülung, wozu das Rohr dient.

Abb. 4.



Enteisenungsanlage mit Star-Preßluft-Pumpe.

Es wäre zu wünschen, daß sich der Preßluftstab bei der Einfachheit der Anlage im Großbetriebe ebenso bewähren möge, wie die Ergebnisse bei den Fischtransport-Spezialwaggons der ausführenden Firma und in den Marmorfischbassins der Firma Kempinski & Co. in Berlin erhoffen lassen.

Zum Schluß möge noch erwähnt sein, daß der Preßluft-Stab ein bequemes und wirksames Hilfsmittel zur innigen Mischung von Flüssigkeiten, z. B. Ölen, mit Gasen bietet.

Der Dampfdruck der Kohlensäure bei niedriger Temperatur.*) Von John Zeleny und Roy. H. Smith. Die Dampfdrucke des festen resp. flüssigen CO_2 wurden für ein Temperaturintervall von 7° bis etwa —134° gemessen und entsprechend den Drucken ein Hochdruck- bez. bis zu 3 Atm. ein Niederdruckapparat angewandt. Zur Erzeugung der thermoelektrisch gemessenen tiefen Temperaturen diente als Thermostat ein mit flüssiger Luft gefülltes Dewar'sches Gefäß, welches in ein durch Schrauben verstellbares Holzgestell eingelassen war. Gleichmäßige Übertragung der Temperatur ließ sich durch ein Pentanbad erreichen, in welches die zur Messung dienenden Druckröhren, das Eisen-Nickel-Thermoelement, dessen zweite Lötstelle in Eis lag und ein Rührer eintauchten. Das Pentanbad konnte durch vorsichtiges Bewegen der Schraube unter dem Holzgestell langsam in die flüssige Luft eingebracht werden. Ein an dem unteren Ende der mit Pentan gefüllten Röhre befestigter Metallzylinder gestattete die leichtere Aufrechterhaltung der konstanten Temperaturen, indem die durch Bewegung des Thermostaten verursachten Veränderungen sich dadurch allmählicher und gleichmäßiger gestalteten. Das Füllen der zu den Messungen dienenden Röhren geschah durch das zunächst offene obere Ende. Käufliches noch unreines CO_2 kam dabei zur Anwendung und war durch Eintauchen der Röhren in flüssige Luft zum Festwerden gebracht. Die Röhre des Niederdruckapparates wurde so etwa zu $^2/_3$ ihrer Länge mit festem CO_2 gefüllt, wobei das überschüssige Gas durch das leere Manometerrohr entwich. Durch teilweises Herausziehen der Druckröhre aus der flüssigen Luft stieg der Druck bald über 1 Atm. und nun wurde nach dem Entfernen des Einleitungsrohres das obere offene Ende zugeschmolzen. Die feste Kohlensäure ließen Verfasser nun solange verdampfen, wobei das CO_2 durch das leere Manometer entströmte, bis noch etwa 3 cm der Länge mit festem CO_2 gefüllt waren. Von den Verunreinigungen des käuflichen CO_2 (ca. $2\,^0/_0$) war das Gas bis auf $0{,}025\,^0/_0$ befreit.

Der Hochdruckapparat bestand aus einer 25 cm langen Röhre von 4,5 mm Lumen und nahezu 1 mm Wandstärke; zur Messung der Drucke diente ein geschlossenes Luftmanometer von 69 cm Länge und 1,2 mm Querschnitt. Die Verbindung des letzteren mit der Meßröhre vermittelte ein messingnes Verbindungsstück, das

*) Physikal. Zeitschr. 1906, 7. Jahrg., pag. 667—671.

mit Zement luftdicht angekittet war. Ließ man in diesem Apparat den Druck auf 60 Atm. anwachsen, so traten fast regelmäßig heftige Explosionen ein.

Die Füllung der Hochdruckröhre ist analog derjenigen für niedrige Drucke. Aus der fast vollständig mit festem CO_2 gefüllte Röhren verdampfte bei lose angesetztem Verbindungsstück die Masse bis auf einen kleinen Rest, welcher derart bemessen wurde, daß nach Herstellen der Dichtung schon wenige Grad unter 0° flüssiges CO_2 in der Röhre entstand. Da bei den ersten Versuchen das explosionsartige Erstarren des bedeutend unterkühlten flüssigen CO_2 den Hg-faden im Manometer heftig fortschleuderte, so wurde später zwischen Verbindungsstück und eigentlichem Manometer ein etwa 15 cm langes Thermometerrohr mit Ausbauchung in der Mitte eingesetzt. Die Angaben der Druckskala waren mit Rücksicht auf die Unregelmäßigkeit der Ausbohrung, der Temperatur und der Abweichungen vom Boyle'schen Gesetz korrigiert. Die Kalibrierung des in den Stromkreis eingeschalteten d'Arsonval-Galvanometers bezog sich auf die Ablenkung für sechs bekannte Temperaturen.

Diese waren in folgender Weise erzielt. Ein Pentanbad zeigte die konstante Temperatur 29,2°, diejenige einer Mischung von CO_2schnee und Äther wurde bei 735 mm zu —78,77, der Siedepunkt des Äthylens zu —103,9 bei 740 mm, der Gefrierpunkt zu 169° angenommen. Die Temperatur flüssiger Luft wurde durch Dichtebestimmung ermittelt.

Die von den Verfassern erzielten Resultate sind korrigierte Ergebnisse von über 100 Ablesungen und stimmen auch dort, wo beide Apparatformen verwendet werden konnten, sowie mit früheren Versuchen anderer, wie Kuenen und Robson*); Du Bois und Will**) gut überein. Die aus den Versuchen konstruierten PT-kurven ermöglichten für beliebige Temperaturen die zugehörigen Dampfdrucke zu geben. Aus der nachfolgenden Tabelle sind einige zugehörige Werte zusammengestellt.

Bei —54,4° haben festes und flüssiges CO_2 den gleichen Dampfdruck von 5,11 Atm. Die von Kuenen und Robson gefundenen Werte waren —56,2° und 5,1 Atm., die Villard und Jarry ermittelten —56,7° und 5,1 Atm. Der Siede- resp. Sublimationspunkt liegt bei —78,2°. 1° niedriger wie Du Bois und Wills fanden.

*) Phil. Mag. (6), 3, 149.

**) Du Bois u. Wills, Beiblätter 24, 428, (1900).

Dampfdrucke fester und flüssiger Kohlensäure bei niedrigen Temperaturen.

Temperatur in °C.	Dampfdruck in Ats.		
	fester CO_2	flüssiges CO_2	
—10		25,83	
—20		19,52	
—30		14,21	
—40		9,88	
—50		6,73	
—56.4	5,11	5,11	3fach. Punkt Schmelzpunkt
—58	4,51	4,75	unterkühlt
—60	3,92	4,35	unterkühlt
—62	3,43	3,96	unterkühlt
—64	2,98	3,58	unterkühlt
—65	2,78		
—70	1,88		
—78,2	1,00		Siedepunkt
—120	1,40		
—130	0,25		
—134	0,10		

Kohlensäure hat in festem Zustand einen relativ hohen Dampfdruck. Da der zum Schmelzpunkt gehörige Druck mehr als 5 Atm. beträgt, so liegt die zum Drucke 1 Atm. gehörige Temperatur der Siedepunkt beträchtlich tiefer, um 21,8°C. H. A.

Eine Untersuchung der leichteren Bestandteile der Luft. Von Joseph Edward Coates. Zeitschr. f. phys. Chem. 58, 625. Nach Angaben von Nasini, Anderlini und Salvadori ist in den der Solfatare von Pozzuoli entströmenden Gasen Koronium an einer Linie des Spektrums erkannt worden und aus einigen Fumarolen am Vesuv seien Gase mit neuen Linien erhalten worden, die nicht mit irgend welchen wichtigen Linien des Neon oder Heliumspektrums zusammenfielen. Es wurde auch angegeben (Dewar), daß der flüchtigste Teil der Atmosphäre Bestandteile birgt, die viele unbekannte Linien zeigen. Ferner wechselten die Angaben verschiedener Forscher über den Wasserstoffgehalt der Atmosphäre stark. Nach Gautier beträgt er etwa die Hälfte des Kohlensäuregehaltes (19.5 Vol. H auf 100000 Vol. Luft). Raleigh hält 3 Vol. H auf 100000 Luft als äußerste Schätzung, Dewar gar nur einen Teil H auf 100000 Teile Luft. — Verfasser hat nun eine Fraktionierung der Luft unternommen. Die Luft wurde verflüssigt. Die nicht verflüssigten

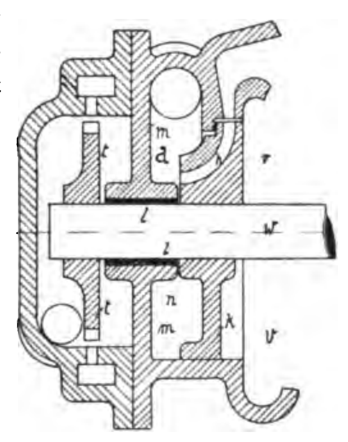
Anteile wurden mit frischer Luft gemengt einer erneuten Verflüssigung unterworfen, um so die leichtesten Bestandteile anzureichern. Im ganzen wurden etwa 73500 Liter in der genannten Weise behandelt. Eine zweite Fraktionierung wurde erzielt, indem man das restierende Gas teilweise durch Kühlung mit im Vakuum siedender Luft kondensierte. Die leichteren Fraktionen des Kondensats wurden abgedampft und in der gleichen Weise nochmals behandelt, bis das Volum 4700 ccm betrug. Diese wurde durch Absorption mit Holzkohle bei —190 und —110 nochmals getrennt und von Nichtabsorbierbarem gesondert und weiter bei —205 fraktioniert. Prüfung der Methoden durch Zumischung von etwas Wasserstoff zur Luft ergab, daß die Methode nicht sehr genau ist. Immerhin geht soviel aus den Versuchen hervor, daß es im Spektrum der leichtesten Bestandteile der Luft keine unbekannten Linien gibt. Alle lassen sich auf Helium, Neon und Wasserstoff zurückführen. Der aus der Luft abscheidbare Wasserstoff ist weit geringer, als die genannten Forscher annehmen. Der Gehalt beträgt etwa ein Volumen auf 1½ Millionen Volumen Luft. G. K.



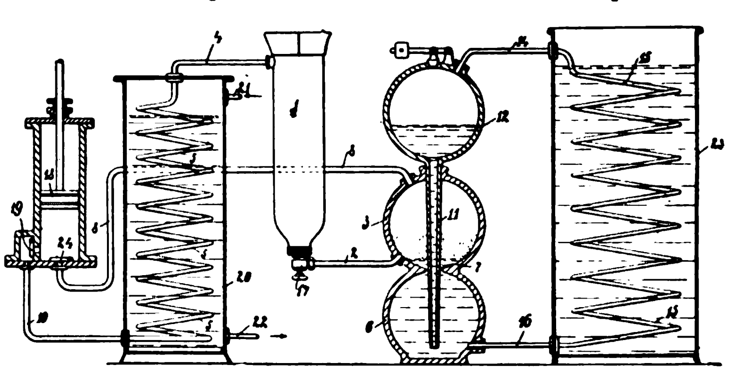
Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



Kälteerzeugungsmaschine. Waldemar Heßling, Genua-Cavignano. D.R.-P. No. 179870. An der vorliegenden Kälteerzeugungsmaschine ist neu der Ersatz des Drosselventils durch die Anwendung einer Turbine, mittels welcher man das Kältemittel vom Kondensatordruck auf den Verdampferdruck entspannt. Die Turbine gestattet, das vor der Turbine als unterkühlte Flüssigkeit ankommende Kältemittel nach dem unter Arbeitsleistung vor sich gehenden Druckabfall möglichst vollkommen als Flüssigkeit dem Verdampfer zuzuschicken, so daß in diesem die ganze oder möglichst die ganze Verdampfungswärme zur Kälteerzeugung ausgenutzt werden kann, während bei der Entspannung durch ein Regelventil unter allen Umständen ein erheblicher Teil verdampft vor Eintritt in den Verdampfer. In letzterem Falle wird nach einer Kurve gleichen Energieinhaltes entspannt, die ziemlich rasch in das Gebiet des nassen Dampfes eintritt, in ersterem Falle nach einer Adiabate, die möglicherweise vollkommen im Gebiete der unterkühlten Flüssigkeit verläuft innerhalb der gewählten Druckgrenzen. Der zur Entspannung nach der Adiabate schon früher benutzte Expansionszylinder hat den Nachteil ungleichförmiger Zufuhr des Mittels zum Verdampfer. Außerdem ist durch Hub und Durchmesser das Endvolumen gegeben, während dasselbe je nach der umlaufenden Menge und je nach den Druckverhältnissen verschieden sein müßte. Diese beiden Nachteile kommen bei der Flüssigkeitsdruck-Entspannungsturbine nicht in Betracht. Die Zufuhr ist gleichmäßig fließend, das Endvolumen der Flüssigkeit kommt außer Wirkung, da lediglich die Durchflußgeschwindigkeiten geregelt zu werden brauchen durch Düsenregelung und Wahl der Druckstufen (ähnlich wie bei anderen Turbinen.) Wird diese Flüssigkeitsdruck-Entspannungsturbine mit einem Kreiseldruckverdichter, welcher die Stelle des Zylinderkompressors der Kälteerzeugungsmaschine ersetzt, in Verbindung gebracht, so kann man diesen Verdichter auf eine gemeinschaftliche Welle neben die Turbine setzen. Nebenstehende Skizze zeigt beispielsweise eine Druckentspannungsturbine t, welche bei l gelagert und deren Welle w abgedichtet ist. Ist a der Ansaugeraum des Verdichters h, so braucht die Wand zwischen ihm und dem Turbinenraum nicht isoliert zu werden. Die untere Hälfte der Skizze veranschaulicht einen Achsialdruckausgleichkolben k (s. Parsonsturbine) für den Verdichter mit dem Saugdruckraum n und dem unter höherem Druck gehaltenen Raume v, wobei l das Lager ohne Stoffbüchse und m eine unbelastete Wand ohne Wärmeisolierung darstellt.



Verfahren und Vorrichtung zur Kälteerzeugung. Bernhard Seiffert & Sohn in Chemnitz. D.R.-P. No. 177405. Flüssige Kohlensäure wird in einen Behälter, den sogen. Kohlensäureschneebehälter, geleitet, in welchem dieselbe infolge des plötzlichen Druckabfalles zu Kohlensäureschnee erstarrt und in innige Berührung mit einer geeigneten Flüssigkeit, z. B. mit Alkohol, Äther u. dgl., zur Lösung gebracht wird. Die hierzu notwendige Wärme wird der betreffenden Flüssigkeit entzogen, letztere also entsprechend abgekühlt. Während nun die gekühlte Flüssigkeit zu Kühlzwecken ausgenutzt und durch eine von dem Kühlmittel umgebene Kühlschlange geleitet wird, gelangen die bei der Lösung entstehenden kalten Kohlensäuregase nicht mit der Kühlfläche der Schlange in Berührung, werden vielmehr unmittelbar, und zwar unter Vermeidung jeglicher Wärmeaufnahme verflüssigt. Nach der Verflüssigung wird die Kohlensäure in die Kohlensäureflasche zurückgeführt. Das Verfahren gestattet die Kühlwirkung je nach Wunsch innerhalb bestimmter Grenzen zu regeln, wenn man nur dafür sorgt, daß die die Auflösung des Kohlensäureschnees bewirkende Flüssigkeit während ihres Kreislaufes der Einwirkung eines von gleichbleibenden Bedingungen abhängigen hydrostatischen Druckes unterworfen ist. Dieser hydrostatische Druck veranlaßt die Flüssigkeit, in den Kohlensäureschneebehälter zu dringen und die Auflösung des Kohlensäureschnees zu bewirken, in dem Maße, als in diesem Behälter ein entsprechend geringerer Druck als der auf die Flüssigkeit wirkende hydrostatische Druck herrscht. Eine geeignete Vorrichtung zeigt nebenstehende Skizze. Die Kohlensäure gelangt aus der Flasche 1 durch das Ventil 17 und Leitung 2 in den Behälter 3, woselbst sie zu Kohlensäureschnee erstarrt und mit der Flüssigkeit (Alkohol Äther u. dgl.) des Gefäßes 6 in Berührung gelangt. Die Kohlensäure verdampft, wobei die mit derselben in Berührung befindliche Flüssigkeit bedeutend abgekühlt zu Boden sinkt und durch Leitung 16 in das Schlangenrohr 15 übertritt. Infolge der hierdurch bedingten Verringerung ihres spezifischen Gewichtes steigt die Flüssigkeit in dem Schlangenrohr höher und wird, indem sie fortwährend der die Schlange umgebenden Salzlösung Wärme entzieht, schließlich den obersten Teil des Schlangenrohres 15 erreichen und durch Rohr 14 in den Behälter 12 zurücktreten, um aus diesem wieder in den unteren Teil des Gefäßes 6 zu gelangen. Die infolge der Berührung des Kohlensäureschnees mit Alkohol oder Äther sich bildende gasförmige Kohlensäure wird unter Vermeidung äußerer Wärmezufuhr vom Kompressor beim Aufwärtsgange des Kolbens 18 durch Leitung 8 und Ventil 24 angesaugt, während des Kolbenniederganges jedoch komprimiert bzw. durch Ventil 19, Leitung 10, Kühlrohr 5 und Leitung 4 in die Kohlensäureflasche 1 zurückgedrückt, wobei infolge der hohen Kompression und der weiteren Temperaturerniedrigung im Kühlrohr 5 die Verflüssigung der gasförmigen Kohlensäure erzielt wird. Der das Kühlrohr 5 durchströmenden Kohlensäure wird durch ein Kühlmittel Wärme entzogen, welches durch Stutzen 21 in das Kühlgefäß 20 eintritt und dasselbe durch Stutzen 22 verläßt. Selbstverständlich kann man als Kühlmittel für Gefäß 20 einen Teil der im Behälter 23 abgekühlten Salzlösung benutzen, zu welchem Zwecke dann der Stutzen 21 in den oberen Teil des Gefäßes 23 und der Stutzen 22 in den unteren Teil desselben münden müßte.



Regelvorrichtung für Kältemaschinenanlagen. Arno Keilbar in München. D.R.-P. No 182203. In der Zeichnung stellt a einen Vorverdampfer mit höheren und b einen solchen mit niederen Temperaturen dar, z. B. a einen direkten Süßwasserkühler und b einen Eiserzeuger für Brauereikühlanlagen u. dgl. Das vom Kondensator kommende flüssige Kältemittel gelangt durch die Hähne c (Regelventile), welche stets

möglichst weit geöffnet werden, in die Verdampfer und durchströmt die Kühlsysteme von oben nach unten. Am unteren Ende der Kühlsysteme ist ein Öltopf d angeschlossen, in welchem sich das nicht im Hauptölscheider ausgeschiedene und durch die Kühlsysteme mitgeführte Öl absetzt. Das nicht verdampfte überschüssige Kältemittel wird am Ende der Rohrsysteme nach einer kleinen Schauvorrichtung e geführt, welcher aus einer bzw. zwei, je nach Anzahl der vorhandenen Verdampfer, mit Flüssigkeitsstandgläsern h versehenen Kammern besteht. Die unter den entsprechenden Verdampferdrücken stehenden Kammern sind je mit einem Rückschlagventil i und Regelhahn k versehen, aus welchen eine kleine Flüssigkeitspumpe g, die mittels der Hähne k, unter Beobachtung der Flüssigkeitsstände h, eingestellt wird, eine genau zu regelnde Flüssigkeitsmenge heraussaugt. Die Leistung der Flüssigkeitspumpe g ist durch ein Handrad einstellbar. Die Einstellung wird so vorgenommen, daß stets ein gleicher Flüssigkeitsstand im Schauglas erhalten bleibt. Die Pumpe bildet also eine Regelvorrichtung für ein gleichmäßiges Berieseln des Verdampferinnern. Die aus den Verdampfern unten ablaufende Flüssigkeit wird oben den Verdampfern unmittelbar wieder zugeführt. Vor dem Öltopf d ist die Absaugleitung l nach dem Kompressor angeschlossen. In derselben ist ein Gasgemisch- und Flüssigkeitsscheider m eingebaut. Schon Professor Lorenz bemerkt in seiner Theorie des nassen Kompressorganges, daß sich vielleicht in der Saugleitung das Gasgemisch noch homogen verhält, daß dagegen beim Eintritt in große Räume, z. B. in den Zylinder, eine Trennung des Gases und der Flüssigkeitsbläschen eintritt, welche letztere sich an den kalten Wänden absetzen. Der Gas- und Flüssigkeitsscheider m besteht aus einer gußeisernen Kammer, in welcher senkrecht stehende, zickzackförmige, schwache Metallwände n eng nebeneinander stehend derart eingebaut sind, daß dieselben den lichten Querschnitt der Kammer und den Durchgang des Gases nicht beeinträchtigen. Das durchströmende kalte Gasgemisch bringt die Metallwände auf die Verdampfertemperatur. Den Metallwänden sind eine Anzahl Klappen o vorgelagert, welche von außen durch einen Griff beliebig geöffnet oder geschlossen werden können. Es kann dadurch ein Teil der Abscheidefläche dem Durchgang des Gases verschlossen und so die Höhe der Flüssigkeitsabscheidung geregelt werden, wodurch eine gleichzeitige Regelung der Überhitzungstemperaturen im Kompressor herbei-

geführt wird. An Stelle der Regelklappen kann mittels eines Hahnes r die Überhitzungstemperatur geregelt werden, indem man den Hahn öffnet oder schließt und dadurch nur einen Teil des Gasstromes in den Flüssigkeitsabscheider leitet.



Zeitschriften- und Bücherschau.



Die Gaskraftmaschinen. Von Alfred Kirschke. Sammlung Göschen, Preis 0,80 Mk. Kirschke gibt in dem Bändchen zunächst einleitend einen kurzen Überblick über die Zustandsänderungen der Gase, den Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschinen usw. und geht alsdann auf die wichtigsten Glieder aus der Entwicklungsreihe der Gasmaschine des Näheren ein. Die verschiedenen Arbeitsverfahren werden an der Hand von Diagrammen erläutert und sodann Anordnungen und Einzelheiten der Gaskraftmaschinen besprochen. Der Schilderung der Motoren, welche permanente Gase als Betriebskraft benutzen, folgt die der Motoren für flüssige Brennstoffe, die Verwendkarkeit von Benzin, Spiritus, Benzol und Ergin für motorische Zwecke wird eingehend untersucht. Dem Dieselmotor ist, seiner Bedeutung entsprechend, ein besonderes Kapitel gewidmet, die Vorzüge dieses Gleichdruckmotors gegenüber den mit niedrigeren Spannungen arbeitenden Verpuffungsmotoren sind ausführlich dargelegt. Die weiteren Kapitel behandeln die Kraftgasanlagen, das Gichtgas, die Großgasmaschinen, die Kosten des Gaskraftmaschinenbetriebes, Gasmotor und Dampfmaschine und das Bändchen schließt mit einem Ausblick auf die Gasturbine. Die wichtige Frage: Gasmaschine oder Dampfmaschine, die sich mancher Industrielle vorzulegen hat, entscheidet Kirschke folgendermaßen: „Bei Dauerbetrieben mit stark schwankender Belastung, auf alle Fälle da, wo der Abdampf nutzbar gemacht werden kann, ist die Dampfmaschine am Platze; soll jedoch der Betrieb öfters aussetzen, handelt es sich um die Erzielung mittlerer Arbeitsleistungen und um ziemlich gleichbleibende Belastung, oder ist der Platz zur Aufstellung der Maschinenanlage ein beschränkter, so wird die Sauggasanlage in Frage kommen". Der neue Band gliedert sich den vorhergehenden Bänden der Sammlung, welche die einzelnen Gebiete der Technik und der Wissenschaft in knapper und allgemeinverständlicher Form dem großen Publikum, vor allem aber dem technisch bereits vorgebildeten Teil desselben, zugängig machen will, durchaus würdig an. Ich vermisse nur eine eingehendere Besprechung und bildliche Darstellung der schnelllaufenden Klein- und Automobilmotoren. Vielleicht sind diese Motoren, welche eine hervorragende Stelle in der heutigen Motorentechnik einnehmen, als Gegenstand eines weiteren Bandes gedacht. E. L.

Dichtungen für Luftkompressoren. Von fachmännischer Seite wird zur Dichtung für die Kolben und Stopfbüchsen bei Kompressoren mit Wassereinspritzung anstelle des Leders, das infolge der Reibung, insbesondere bei raschlaufenden Maschinen und bei heißem Wasser weich wird, die Vulkanfiber empfohlen. Inbetracht kommt allerdings nur bestes Material, das beim Biegen, auch in aufgeweichtem Zustande, nicht blättert. Die ringförmigen Vulkanfiberscheiben erhalten je nach der Größe der Manschetten eine Stärke von 2 — 4 mm, sie werden einige Stunden in Öl gekocht, dann zwischen zwei Platten ausgepreßt, von denen die untere die innere Form der Manschette hat, während die obere den umzubördelnden Rand der Scheibe hervorstehen läßt. Nach erfolgter Umbördelung wird ein genaues Gesenk, das die äußere Form der Manschette besitzt, langsam darüber gepreßt. (Techn. Zentralblatt 1907, Nr. 7.)

Luftdruckhämmer der Firma Peter Pilkington Ltd., Preston, England. Die Luftdruckhämmer der genannten Firma haben in kurzer Zeit die Dampfhämmer der Naval Construction Works verdrängt. Die Preßluftverwendung erstreckt sich des weiteren auf sämtliche Maschinen der Abteilungen Maschinenbau und auf die Kesselschmiede. Zur Erzeugung der Preßluft sind Kompressoren von mehreren hundert Pferdestärken Kraftbedarf aufgestellt, die von Oechelhäuser-Zweitaktmotoren angetrieben werden. Als Treibmittel dieser Motoren fungieren Hochofengase. Für den Betrieb der Preßluft-Schmiedehämmer ist ein zweistufiger Kompressor vorgesehen, der minutlich 645 Kubikmeter „free air" liefert. Der Luftdruckhammer besteht aus zwei Zylindern, einem Hoch- und einem Niederdruckzylinder, von denen der letztere über dem ersteren liegt. Der Hochdruckzylinder leistet die Schlagarbeit, der Niederdruckzylinder hebt den Bär nach erfolgtem Schlage empor. Die Regulierung der Schlagstärke wird durch ein Ventil vermittelt. Zur Erzielung schwächerer Schläge wird Luft von niedererem Drucke in den Hochdruckzylinder übergeführt, die aus diesem auspuffende Luft wird alsdann im Niederdruckzylinder zum Heben des Bärs ausgenutzt. Bei stärkeren Schlägen, die mit Preßluft von höherem Drucke erzielt werden, tritt nur ein Teil der Auspuffluft in den Niederdruckzylinder ein, der andere Teil wird in die Niederdruckleitung gegeben und so eine beträchtliche Arbeitsersparnis erzielt. Die Luftdruckhämmer haben vor den bestehenden Typen der Dampfhämmer den Vorteil einer leichten Regulierbarkeit. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, Schläge in jeder gewünschten Stärke auszuführen. (Engineering, 8. II. 1907.)

Die Gesteinsbohrmaschinen der Maschinenfabriken Westfalia und Hoffmann. (Glückauf 1907, Nr. 12.)

Der Verlag Moritz Schäfer in Leipzig läßt eine neue technische Wochenschrift unter dem Titel **„Maschinentechnisches Echo"** erscheinen. Die Zeitschrift will nicht durch selbständige Aufsätze belehrend wirken, sondern bezweckt, den Leser in knapp gehaltenen aber erschöpfenden Berichten über Artikel, die in anderen Zeitschriften auf dem Gebiete des Maschinenbaues erschienen sind, zu unterrichten.

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.

// Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.
Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete
herausgegeben von
Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler**, Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 9. **Juni 1907.** **X. Jahrgang.**

Die „**Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie**" erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar,** die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3 gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Beitrag zur Theorie der Linde'schen Luftverflüssigungsmaschine.

Von **Dr. J. Rožič.**

(Fortsetzung und Schluß.)

II. Boyle hat als erster den Zusammenhang zwischen dem Volumen und Druck bei Gasen experimentell studiert und fand das Gesetz

$$p \cdot v = \text{Konstans}.$$

Eine Ergänzung erfuhr das Gesetz, als man noch die Abhängigkeit von der Temperatur untersuchte und fand

$$(p \cdot v)_t = (pv)_0 \cdot (1 + \alpha t)$$

Als das Boyle'sche Gesetz genauer geprüft wurde, stellte sich heraus, daß doch meßbare Abweichungen von demselben vorhanden sind, und zwar sind diese Abweichungen bei verschiedenen Gasen verschieden. Für Luft fand Depretz das Produkt $p \cdot v$ bis zu Drücken von 20 Atm. konstant, für größere Kompressionen wurde dieses Produkt kleiner als es das Boyle'sche Gesetz verlangt. Besonders zu erwähnen sind die Arbeiten Pouillets über die Kohlensäure, wo sich starke Abweichungen zeigten.

Als Régnault daran ging, die verschiedenen physikalischen Konstanten zu bestimmen, untersuchte er auch dieses Gesetz, indem er als gewiegter Experimentator die Fehlergrenze der Beobachtungen einengte.

Er erweiterte das Boyle'sche Gesetz, indem er seine Beobachtungen empirisch durch eine Formel mit zwei Konstanten von der Form darstellte

$$\frac{p_1 v_1}{p_0 v_0} = 1 + A\left(\frac{v_0}{v_1} - 1\right) + B\left(\frac{v_0}{v_1} - 1\right)^2$$

Diese Darstellung sollte nur den Beobachtungen genügen, ohne daß sie eine theoretische Grundlage besaß.

Natterer in Wien untersuchte das Gesetz bis 3000 Atm. und fand ebenfalls Abweichungen. Ganz besondere Verdienste jedoch erwarb sich Amagat bei der experimentellen Untersuchung dieses Gesetzes.

Hirn hat zuerst auf Grund der Vorstellungen der kinetischen Gastheorie die Abweichungen vom Boyle'schen Gesetze als auf zwei Ursachen beruhend angesehen und dadurch eine Formel aufgestellt, welche nur geringer Veränderung bedurfte, um überraschende Resultate zu geben. Er machte darauf aufmerksam, daß von dem ganzen Raum, welchen ein Gas einnimmt, ein gewisser konstanter Teil von den Molekülen selbst erfüllt ist. Die Zusammendrückung kann sich aber nur auf den von den Molekülen freien Raum erstrecken, d. h. von dem Volumen v der Boyle'schen Formel ist ein konstanter Abzug zu machen. Nehmen die Moleküle den Raum b ein, so bleibt für die Ausdehnung und Kompression noch

$$v - b.$$

Andererseits werden die Gase nicht bloß durch einen äußeren Druck p zusammengedrückt, sondern auch noch durch innere Molekularanziehung, so daß zu dem Drucke p noch eine entsprechende Größe zu addieren ist. Diese sei zunächst konstant angenommen und mit a

bezeichnet. Das Gesetz in der neuen Form lautet dann

$$(p + a)(v - b) = C$$

In diesem Ausdrucke erscheint die Annahme unbegründet, daß a eine Konstante ist. Die Anziehung zwischen den Molekülen muß ja um so größer sein, je näher die Moleküle aneinander liegen, d. h. je kleiner v ist. Dieser Überlegung trug van der Waals in seiner Formel Rechnung. Diese lautet

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = C$$

Die Konstante a ändert sich nur mit der Natur des Gases und läßt sich aus den Experimenten über die Volum- und Druckänderungen an Gasen berechnen. Der ganze Wert $\frac{a}{v^2}$ hat die Bedeutung einer Druckkraft, welche von der Flächeneinheit der Wand nach innen wirkt, und wird in denselben Einheiten gemessen wie der Gasdruck p selbst. Die Konstante b, das sog. „Kovolum", korrigiert den für die Bewegung freien Raum. Für Gase von normaler Spannung und bei 0° kann man nach van der Waals b dem vierfachen Volumen gleichsetzen, welches die Moleküle des Gases durch ihre eigene Masse ausfüllen. Auch der Wert von b läßt sich aus Experimenten ableiten.

In den physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt sind Orientierungswerte für die Größen a und b der van der Waals'chen Zustandsgleichung enthalten.

Doch kehren wir zu unserem eigentlichen Thema zurück.

Einen Zweifel darüber, daß bei der Strömung eines unter Abdrosselung seines Drucks sich entspannenden, unvollkommenen Gases infolge innerer Arbeit eine Abkühlung existiert, gibt es nicht. Diese zuerst von Joule und Thomson beobachtete und nach ihnen genannte Erscheinung ist so häufig beobachtet, daß man nicht annehmen kann, sie werde von jemand geleugnet. Sie findet, wenn dies überhaupt nötig erachtet wird, in der Tatsache eine Stütze, daß sie bei einer bestimmten Temperatur ihr Vorzeichen ändert, eine Inversion[1]) zeigt. Dies Verhalten, wo also bei einer bestimmten Temperatur eine positive Wärmetönung der Joule-Thomson'schen Erscheinung auftritt, läßt sich nur auf Grund innerer Arbeitsvorgänge erklären. Die Abkühlung ist für die gewöhnlichen Gase nichts als eine direkte Konsequenz der van der Waals'schen Gleichung. Wenn es uns in dieser gelingt, durch die Annahme einer zwischen den Molekülen wirkenden Anziehungskraft die Abweichungen vom strengen Gasgesetz rechnerisch richtig wiederzugeben, so besteht die größte Wahrscheinlichkeit, daß diese Annahme richtig ist und dann wird man folgern müssen, daß man für die Überwindung dieser Anziehungskraft Arbeit leisten muß, die eine Abkühlung des Gases hervorbringt. Es soll darum versucht werden, mit Hilfe der van der Waals'schen Gleichung, die jene Anziehung berücksichtigt, den Betrag dieser Abkühlung zu berechnen.

Für die Abkühlung infolge innerer Arbeit haben Joule und Thomson selbst eine Formel aus ihren Messungen abgeleitet

$$\Delta T = \frac{\alpha}{T^2} \Delta p \qquad 1)$$

ΔT ist die Temperaturerniedrigung, α ist eine von Gas zu Gas variable Konstante, T die absolute Temperatur, Δp ist der Unterschied zwischen den Drucken vor und nach der Entspannung. Diese Formel ist eine empirische und hat keine theoretische Unterlage. Sie gibt auch, wie schon Pictet hervorhob, unter Umständen ganz falsche Werte.

Ich will nun, gestützt auf die van der Waals'sche Formel, die Abkühlung berechnen, welche ein Gas erfährt, wenn es durch die Linde'sche Maschine nach der beschriebenen Weise den Weg macht.

Wir haben zunächst

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = C = pv + \frac{a}{v} - bp - \frac{ab}{v^2} \qquad 2)$$

Da bp ein Korrektionsglied ist und klein gegenüber den andern Gliedern, so kann man mit geringer Vernachlässigung $bp = b\frac{C}{v}$ setzen. Wir haben dann die van der Waals'sche Gleichung in der Form

$$pv + \frac{a}{v} - \frac{Cb}{v} - \frac{ab}{v^2} = C. \qquad 3)$$

Daraus folgt

$$p = \frac{C}{v} - \frac{a}{v^2} + \frac{Cb}{v^2} + \frac{ab}{v^3}, \qquad 4)$$

der Druck, der in irgend einem Stadium auf dem Gas lastet.

[1]) Siehe z. B. diese Zeitschrift, 1907, S. 69.

Der Enddruck ist

$$p_n = \frac{C}{v_n} - \frac{a - Cb}{v_n^2} + \frac{ab}{v_n^3}. \qquad 5)$$

Um das Gas vom Volumen v_0 auf v_n zu bringen, braucht man eine äußere Arbeit

$$A = \int_{v_0}^{v_n} p dv. \qquad 6)$$

Man sieht sofort, daß diese Arbeit bei verschiedenen Gasen verschieden ausfallen wird.

Wir haben für die Temperatur von 0° C drei Haupttypen zu unterscheiden:

1. Kohlensäure, 2. Luft, 3. Wasserstoff.

Die Isotherme des unvollkommenen Gases schneidet im ersten Falle die des idealen Gases nicht. Sie bleibt immer unterhalb. Beim dritten Typus bleibt sie immer oberhalb (Fig. 4.) Beim zweiten jedoch schneidet sie die ideale bei einem

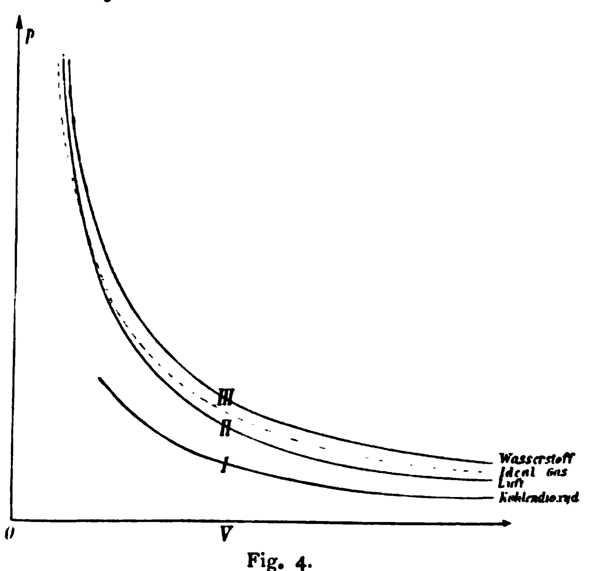


Fig. 4.

bestimmten Volumen. Um dieselbe Kompression hervorzubringen, wird man bei der Kohlensäure eine kleinere, beim Wasserstoff eine größere Arbeit leisten müssen wie beim idealen Gase. Für die Luft wird diese Arbeit verschieden ausfallen, je nachdem eine größere oder kleinere Kompression ausgeführt werden soll. In der Zeichnung ist die Differenz der Arbeiten durch die Fläche zwischen den Isothermen dargestellt. Die Wärmemenge, die dabei frei wird, ist aber in allen drei Fällen dieselbe.

Um den Druck p_n in der inneren Röhre der Linde'schen Maschine auf derselben Höhe zu erhalten, während das Gas am Drosselventil ausfließt, muß man eine Arbeit

$$A_1 = p_n v_n = C - \frac{a-Cb}{v_n} + \frac{ab}{v_n^2} \qquad 7)$$

leisten und dieselbe dem Gase zuführen. Wenn sich nun das Gas ausdehnt und dabei eine Temperaturerhöhung oder -Erniedrigung erleidet, so wird das Volumen beim Enddruck p_0

$$v_1 = v_0 (1 + \alpha \vartheta)$$

sein, wobei ϑ positiv oder negativ sein kann. Die Arbeit, die das Gas leistet, um den äußeren Druck p_0 zu überwinden, ist

$$A_2 = p_0 v_1 = C (1 + \alpha\vartheta) - \frac{a - Cb}{v_0 (1 + \alpha\vartheta)} + \frac{ab}{v_0^2 (1 + \alpha\vartheta)^2} \qquad 8)$$

Wenn $\alpha\vartheta$ klein bleibt, so kann man mit geringer Vernachlässigung $\frac{1}{1 + \alpha\vartheta}$ durch $1 - \alpha\vartheta$ und $\frac{1}{(1 + \alpha\vartheta)^2}$ durch $1 - 2\alpha\vartheta$ ersetzen. Es ist dann

$$A_2 = C + C\alpha\vartheta - \frac{a - Cb}{v_0} + \frac{a - Cb}{v_0}\alpha\vartheta + \frac{ab}{v_0^2} - \frac{2ab}{v_0^2}\alpha\vartheta \qquad 9)$$

Die innere Arbeit zur Überwindung der zwischen den Molekülen wirkenden Kräfte ist

$$A_3 = -\int_{v_0(1+\alpha\vartheta)}^{v_n} \frac{a - Cb}{v^2} dv + \int_{v_0(1+\alpha\vartheta)}^{v_n} \frac{ab}{v^3} dv$$

$$= \frac{a - Cb}{v_n} - \frac{a - Cb}{v_0 (1 + \alpha\vartheta)} - \frac{1}{2} ab \left[\frac{1}{v_n^2} - \frac{1}{v_0^2 (1 + \alpha\vartheta)^2}\right]$$

$$= \frac{a - Cb}{v_n} - \frac{a - Cb}{v_0} + \frac{a - Cb}{v_0}\alpha\vartheta - \frac{ab}{2}\left[\frac{1}{v_n^2} - \frac{1 - 2\alpha\vartheta}{v_0^2}\right] \qquad 10)$$

Die Differenz der Energien, die dem Gase zugeführt werden und vom Gase geleistet werden, wird sich als Abkühlung oder Erwärmung des Gases kundgeben.

$$A_1 - A_2 - A_3 = \frac{M \cdot c_v \vartheta}{J} \qquad 11)$$

M ist die Masse des Gases, in unserer Rechnung 1 kg,

c_v die spezifische Wärme bei konstantem Volumen,

ϑ Temperaturänderung,

$\frac{1}{J}$ Wärmeäquivalent.

Wenn man in die Gleichung (11) für die A_1, A_2, A_3 die Werte aus den Gleichungen (7), (9) und (10) einsetzt und sie nach ϑ auflöst, so erhält man

$$\vartheta = \frac{-2(a - Cb)\left(\frac{1}{v_n} - \frac{1}{v_0}\right) + \frac{3ab}{2}\left(\frac{1}{v_n^2} - \frac{1}{v_0^2}\right)}{\frac{M c_v}{J} + C\alpha + 2\frac{a - Cb}{v_0}\alpha - \frac{3ab\alpha}{v_0^2}} \qquad 12)$$

Da $\frac{\text{Gewicht}}{\text{Volumen}}$ = Dichte bedeutet, so kann man $\frac{1}{v} = \varrho$ setzen, wobei ϱ die Dichte des Gases bedeutet, dann erhält man aus (12)

$$\vartheta = \frac{\left[-2(a - Cb) + \frac{3\,ab}{2}(\varrho_n + \varrho_0)\right](\varrho_n - \varrho_0)}{\frac{M \cdot c_v}{J} + C\alpha + 2(a - Cb)\varrho_0\alpha - 3\,ab\,\alpha\,\varrho_0^2} \quad 13)$$

Wenn a = b = o ist, so ist der Zähler gleich Null, also auch $\vartheta = o$. Ein ideales Gas kühlt sich nicht ab. Unsere Gleichung bringt also die Tatsache zum Ausdruck, die wir im I. Teil dieses Aufsatzes abgeleitet haben. Ist a gegenüber b sehr klein, dann überwiegt das Glied Cb über a, ϑ wird positiv! Das ist in der Tat beim Wasserstoff, für den a sehr klein ist, der Fall: Läßt man Wasserstoff sich ohne äußere Arbeitsleistung entspannen, so tritt eine gewisse Temperatursteigerung im Gas ein.

Eine Abkühlung zeigt bekanntlich die Luft, Stickstoff und Sauerstoff. Wir wollen im Folgenden mit unserer Formel diese Abkühlung für einen Fall beim Sauerstoff berechnen.

Wir haben, um die Werte für a und b aus den Tafeln Landolt-Börnstein-Mayerhoffer (5. Aufl., S. 187, 188, 189) benützen zu können, die van der Waals'sche Gleichung in folgender Form

$$\frac{10333 + \frac{10333 \cdot a}{1^2}}{\varrho} \cdot (1 - b) = C$$

Es gelten für a und b die Werte aus der Tabelle, ϱ ist die Dichte. Wir haben also das a, welches in der Tabelle angegeben ist, noch mit $\frac{10333}{\varrho}$ zu multiplizieren, um es in unsere Abkühlungsformel einsetzen zu können, b bleibt unverändert.

Für Sauerstoff haben wir $\varrho = 1.4292$, $\frac{10333}{\varrho}$ a $= 19.74$, $b = 0.001419$, $c_v = 0.15425$. Daraus berechnet sich $\vartheta = -0.291$, wenn man die Kompression auf zwei Atmosphären vornimmt, also $\varrho_n - \varrho_0 = \varrho_0$ setzen darf.

Bei der arbeitsfreien Entspannung des Sauerstoffs von 2 auf 1 Atm. tritt also eine Abkühlung um 0.291° C ein.

Zu je größeren Kompressionen wir gehen, desto größer wird die Abkühlung, aber nur bis zu einem gewissen Betrage; dann nimmt sie wieder ab und wird zuletzt Null. Das tritt ein, wenn

$$-2(a - Cb) + \frac{3\,ab}{2}(\varrho_n' + \varrho_0) = 0 \quad 14)$$

wird, und

$$\varrho_n' = \frac{4(a - Cb)}{3\,ab} - \varrho_0 \quad 15)$$

Für Sauerstoff erhält man $\varrho_n = 450$, und diese Dichte entspricht ungefähr 320 Atm. Unsere Formel (13) enthält eine weitere Gesetzmäßigkeit.

ϑ ist von der Temperatur, bei der die Entspannung vorgenommen wird, abhängig und zwar wird die Abkühlung mit sinkender Temperatur zunehmen.

Die aus der van der Waals'schen Zustandsgleichung abgeleitete Formel (13) wird für die wirklichen Gase noch Abweichungen zeigen, und sie ist also auch nur als Näherungsformel zu betrachten, die aber entschieden etwas vor der Thomson-Joule'schen voraus hat, das nämlich, daß sie theoretisch abgeleitet keine nur durch einen direkten Abkühlungsversuch zu ermittelnde Konstante [α in der Gleichung (1)] braucht, sondern diese aus einer ganz anderen experimentellen Untersuchung ableitet. Sie zeigt auch, daß bei jeder Temperatur der Thomson'sche Effekt Null werden kann (Inversionstemperatur). Nur in einem Punkte stimmt die Formel nicht mit der Erfahrung überein. Wenn die Konstanten a und b der van der Waals'schen Formel nicht von der Temperatur und vom Volumen abhängen, so verlangt sie, daß mit steigendem Druck die Inversionstemperatur sinke. Bei den Versuchen von Olszewski mit Luft und Stickstoff hat sich aber das Gegenteil gezeigt[1].

Da nun die Inversionstemperatur eine mit großer Genauigkeit bestimmbare Größe ist, so wird man Rückschlüsse von ihr auf die Variabilität von a und b und auf die Richtigkeit der van der Waals'schen Zustandsgleichung machen können.

Sehen wir aber von dieser Unstimmigkeit ab, so besitzen wir doch in der Gleichung (13) eine Formel, die in weitgehendem Maße die bis jetzt gefundenen Gesetzmäßigkeiten zum Ausdruck bringt. Wir haben damit nicht nur eine exaktere Formel für die Berechnung des

[1]) Vgl. d. Zeitschr. 1907, S. 69.

Joule-Thomson-Effekts für gegebene Verhältnisse, sondern wir erhalten in ihr auch eine genauere Theorie der Lindemaschine und diese Theorie birgt gleichzeitig die Widerlegung der Pictet'schen Anschauung, daß die Wirkung dieser Maschine auf einer äußeren Arbeitsleistung seitens des abgedrosselten Gasstroms erfolge.

Das gelöste Azetylen.

Von Direktor L. **Kuchel**-Wien.

(Fortsetzung und Schluß.)

Eine Anlage zur Erzeugung von gelöstem Azetylen und Aufspeicherung in Behältern, welche mit poröser Masse gefüllt sind, zerfällt in:

die Apparatur für die Gaserzeugung und die Kompressionsanlage mit dem dazugehörigen motorischen Antrieb.

Bei der Konstruktion der Gaserzeugungsanlage ist vor allem darauf Bedacht zu nehmen, daß ein luftfreies und in möglichst kaltem Zustande erzeugtes Gas hergestellt wird und auch ein durchaus reines und trockenes Gas zur Aufnahme in die Behälter gelangt, es können deshalb für eine solche Anlage nur Handbetriebsapparate in Betracht kommen, welche eine genaue Kontrolle des Gaserzeugungsvorganges ermöglichen. Angesichts der großen Gasmengen, welche in den Behältern bei relativ kleinen Aufnahmevolumen aufgespeichert werden — eine Stahlflasche von 50 Liter Volumen kann circa 5000 Liter Gas in sich aufnehmen — können sich bei längerem Betrieb in dem Behälter die dem Gase etwa anhaftenden Verunreinigungen abscheiden, wodurch die Aufnahmefähigkeit beeinträchtigt wird. Dies wird besonders dann eintreten, wenn den Behältern ein nasses Gas zugeführt wird, da die Absorptionsfähigkeit des Azetons durch einen Wassergehalt in ganz bedeutendem Maße herabgemindert wird.

Nachdem das aus dem Entwickler abströmende Azetylen den Wäscher passiert hat, ist es ratsam, dasselbe erst durch einen Vorreiniger treten zu lassen, welcher wirksam aus einem zylindrischen Turm, welcher mit Koke gefüllt ist, dargestellt wird. Hierdurch wird erreicht, daß die dem Gase mechanisch anhaftenden Beimengungen abgeschieden werden.

Das Gas tritt dann in den Gasbehälter, von hier wird es durch den Kompressor abgesaugt, nachdem es einen weiteren chemischen Reiniger, einen Trockner und den Gasmesser passiert hat.

Sämtliche Apparate sind mit Umgangsleitungen versehen, welche die zeitweilige Ausschaltung jedes einzelnen Apparates ermöglichen, ohne deshalb den Betrieb unterbrechen zu müssen.

Zwischen der Kompressionsanlage und der Gaserzeugungsanlage ist ein Rückschlagventil in der Saugrohrleitung des Kompressors als Sicherung eingebaut.

Die Kompression des Gases erfolgt bei größeren Anlagen zweistufig.

In dem Niederdruckzylinder wird das Gas bis auf einen Druck von etwa 3,5 Atm. gebracht, während es in dem Hochdruckzylinder auf circa 12 Atm. komprimiert wird. Die zur Verwendung kommende Pumpe arbeitet einfach wirkend, beide Pumpenzylinder sind mit einer wirksamen Kühlvorrichtung umgeben, um eine kontinuierliche Kühlung des zu komprimierenden Gases zu erzielen.

Es ist vorteilhaft, das Saugerohr des Hochdruckzylinders genügend lang ausgebildet in die Kühlvorrichtung einzubauen, um zu erreichen, daß das bereits auf beiläufig 3,5 Atm. komprimierte Gas mindestens bis auf seine Anfangstemperatur gekühlt wird, wenn möglich aber noch darunter.

Jeder Zylinder ist mit einem seiner Arbeitsleistung entsprechenden Sicherheitsventil versehen, außerdem ist die Druckrohrleitung von der Pumpe ebenfalls durch ein Rückschlagventil von der Leitung abgesperrt.

Auf dem Saugventilkasten ist eine kontinuierlich wirkende Schmiervorrichtung angebracht, welche die inneren Gleitwandungen der Pumpenzylinder in Öl hält. Hierbei reißt das komprimierte Gas einen beträchtlichen Teil des Öles mit sich fort; dieses Öl wird dem Gase

durch einen in die Druckrohrleitung eingeschalteten Ölabscheider wieder entzogen.

Hiernach wird das Gas der Füllrampe zugeführt, auf welche die Behälter zur Aufnahme des komprimierten Gases gelagert sind.

Die gebrauchsfertige Herstellung der Behälter ist nun der wichtigste Teil der gesamten Einrichtung. Bevor die Behälter mit Füllmasse versehen werden, müssen sie dem durch die „Verordnung betr. Verkehr mit verflüssigten und verdichtigten Gasen“ *) vorgeschriebenen Prüfungsdruck unterzogen werden. Sodann wird die poröse Masse in die Behälter eingefüllt.

Diese Masse besteht aus einer bestimmten Art Holzkohle, welche mit einem porösen Zement vermengt wird, der durch Azeton nicht angegriffen wird.

Die Einfüllung in die Stahlflaschen erfolgt in dünnbreiigem Zustande, das Trocknen der Masse geschieht in einem Trockenofen; durch langsame Steigerung der Temperatur in demselben bis zu einer bestimmten Höhe erstarrt der Brei zu einer festen, lückenlosen Masse, welche bei einer Dichte von etwa 0,3 eine Porosität von circa 80% aufweist.

Für größere Behälter kommen besondere für diesen Zweck hergestellte Asbestcakes zur Verwenduug, welche in die Behälter eingeschoben werden und deren Bestandteile so gewählt sind, daß dieselben ebenfalls eine Porosität von 80% aufweisen.

Die so angefüllten Behälter werden nun je nach ihrer Größe mit einer bestimmten Menge Azeton gefüllt. Hierauf wird das Gewicht der fertigen Behälter genau festgestellt und auf denselben vermerkt. Diese sogenannte Aichung hat den Zweck, die Behälter periodisch auf Gewichtsabnahme prüfen zu können. Da bei der Gasentnahme dem Azetylen immer eine geringe Menge Azetondämpfe beigemengt ist, muß nach einem bestimmten Zeitraum den Flaschen Azeton als Ersatz wieder zugeführt werden, um die Aufnahmefähigkeit derselben auf gleicher Höhe zu erhalten.

Aus den so vorbereiteten Behältern wird die atmosphärische Luft entfernt. Dann wird das komprimierte Azetylen in dieselben geleitet, um nach erfolgter vollständiger Sättigung des Azetons seinem Verwendungsort zugeführt zu werden.

*) Siehe diese Zeitschrift X, S. 35.

Das Aufnahmevermögen eines Behälters ist natürlich abhängig von der Azetonmenge, welche sich in demselben befindet.

Bei der Höchstspannung im Behälter von 12 Atm. bei einer Temperatur von 20° C und nachdem das Azeton sich voll gesättigt hat, ist immer noch ein gewisser Expansionsraum vorzusehen, da bei der Fabrikation solcher Behälter nicht immer die gewünschten theoretischen Zahlen der Porosität erreicht werden.

Die Praxis hat ergeben, daß die jeweilige Azetonmenge für kleinere zur Aufnahme von gelöstem Azetylen bestimmte Behälter $^3/_7$ ihres absoluten Volumens betragen soll. Bei Benützung eines Behälters von 10 Liter Fassungsraum werden somit $\frac{10 \times 3}{7} = 4{,}3$ Liter Azeton eingefüllt. Wie bereits erwähnt, erfolgt durch die Lösung des Azetylens im Azeton eine Volumenvergrößerung des letzteren um 4% bei je 1 Atm., so daß sich die 4,3 Liter bei dem Sättigungsdruck von 12 Atm. auf 6,45 Liter ausgedehnt haben.

Durch die poröse Masse wird der Fassungsraum des Behälters um circa 20% angefüllt. Somit geht hierdurch ein nutzbarer Raum von 2 Litern verloren. Hierzu kommt der erforderliche Raum von 6,45 Liter für das gesättigte Azeton, mithin bleibt bei einem Behälter von 10 Liter absoluten Volumen ein Raum von 1,55 Liter frei, welcher den erwähnten Expansionsraum und einen Ausgleich bildet für die schwankenden Nutzvolumina, welche sich bei der Fabrikation durch eine mehr oder minder gut erzielte Porosität ergeben.

1 Liter Azeton kann aber unter 12 Atm. Druck 300 Liter Gas in sich aufnehmen. Somit ist die Aufnahmefähigkeit eines Behälters von 10 Liter Fassungsraum $4{,}3 \times 300 = 1290$ Liter, welches Quantum ausreicht, eine 16 kerzige Flamme bei Verwendung eines gewöhnlichen Specksteinbrenners, dessen Konsum pro H. K. und Stunde 0,7 Liter beträgt, etwa 110 Brennstunden zu speisen und bei Verwendung eines Glühlichtbrenners, dessen Konsum pro H. K. und Stunde 0,25 Liter beträgt, etwa 325 Brennstunden.

Eine Anlage zur Erzeugung von gelöstem Azetylen für eine Tagesleistung von 30 cbm läßt sich für rund 30,000 ℳ herstellen.

Die Herstellungskosten des gelösten Azetylens in einer solchen Anlage setzen sich wie folgt zusammen:

A.

Verzinsung des Anlagekapitals von ℳ 30,000 mit 4%	ℳ 1200,—
Amortisation für den maschinellen Teil der Anlage im Betrage von ℳ 10,000 mit 10%[1]	„ 1000,—
Amortisation der Gebäude und Einrichtungen im Betrage von ℳ 20,000 mit 3%	„ 600,—
Für 36500 kg Calciumcarbid à ℳ 0,25[2]	„ 9125,—
Reinigungsmasse für 1 cbm Azetylen = ℳ 0,06, somit 10950 · 0,06	„ 657,—
Heizungsmaterial	„ 200,—
Reparaturen und Diverses für die Gesamtanlage	„ 400,—
Gasmeistergehalt	„ 1800,—
	ℳ 14982,—

Hiervon ab der Erlös für den angenommenen Kalkgewinn mit 5% des Wertes des verbrauchten Carbids,

	Übertrag ℳ 14982,—
unter Abzug der durch die Azetondämpfe weniger erforderlichen Menge Carbid (siehe Aufstellung unter C)	ℳ 430,12
	ℳ 14551,88

B.

Zu diesen Kosten der Gaserzeugung kommen nun die Betriebskosten der Kompressionsanlage.

Der Antrieb einer Kompressionspumpe von 6 cbm stündlicher Leistung erfordert 1,5 HP, welche Kraftleistung durch einen Benzinmotor bei einem Verbrauch von 350 g pro HP. und Stunde und einem Benzinpreise von 20 ₰ per kg 10,5 ₰ kostet.

Um 10950 cbm Azetylen zu komprimieren, sind $\frac{10950}{6} = 1825$ Betriebsstunden à 10,5 ₰ erforderlich	ℳ 191,62
Öl zur Schmierung des Motors und der Transmission per Betriebsstunde 1,2 ₰ · 1825 Betriebsstunden	„ 21,90
Öl zur Schmierung der Kompressionspumpe 1,75 ₰ per Betriebsstunde, 1825 Betriebsstunden	„ 31,94
Putzmaterial und Diverses	„ 60,—
	ℳ 14857,34

Die Kompressionsanlage kann von dem Gasmeister mitbedient werden, und ist deshalb für die Bedienung derselben keine Berechnung anzunehmen.

Für die Krafterzeugung wird sich gelegentlich auch eine andere billige Energie beschaffen lassen.

C.

Zu diesen Herstellungskosten kommt nun noch der Azetonersatz, welcher nach einer gewissen Gebrauchszeit in die zur Benützung des gelösten Azetylens dienenden Behälter nachgefüllt werden muß.

Beim Verbrauch des gelösten Azetylens verflüchtigt sich das Azeton mit demselben. Nach den von mir gemachten Beobachtungen sind für 1 cbm gelöstes Azetylen 0,06 Liter Azeton erforderlich. Bei einem Preis von ℳ 1,35 per Liter sind somit erforderlich

10950 · 0,06 = 657 Liter · 1,35	ℳ 886,95
	ℳ 15744,29

[1]) Die angesetzten Amortisationsquoten dürfen für eine vorsichtige Abschreibung hoch genug bemessen sein.

Bei dem heutigen Stande der Carbidfabrikation ist man wohl berechtigt, in einer Anlage, welche von einem geschulten Gasmeister bedient wird und der Kontrolle technisch gebildeter Aufsichtsorgane unterstellt ist, eine nutzbare Gasausbeute von 300 Liter per kg Carbid anzunehmen. In dem von mir geleiteten Gaswerk zur Erzeugung von gelöstem Azetylen wird durchschnittlich eine Gasausbeute von über 300 Liter per kg erreicht. Ferner wird Carbid bei regelmäßigem Bezug größerer Mengen zum Preise von ℳ 25 für 100 kg stets erhältlich sein.

Das für die Zersetzung des Carbids nötige Wasser habe ich nicht in Anrechnung gebracht, da eine Wasseranlage in dem Anlagekapital mit vorgesehen ist und der vorhandene Motor die Wasserpumpe mittreiben kann.

Für die Reinigung des Gases habe ich eine besonders hohe Quote angesetzt, da bei der durchaus erforderlichen guten Reinigung des Azetylens die Reinigungsmasse recht oft zu erneuern ist.

Bei einer derartigen Anlage ist bei tüchtiger kaufmännischer Leitung für den Kalk immer ein guter Absatz zu erreichen. Der dafür in Anrechnung gebrachte Nutzen ist deshalb als mäßig zu bezeichnen.

[2]) Bei einer Gasausbeute von 300 Liter Azetylen aus 1 kg Carbid sind im Jahre für $30 \times 365 = 10950$ cbm Azetylen erforderlich $\frac{10\,950\,000}{300} = 36\,500$ kg Carbid.

Übertrag ℳ 15744,29

Aus einem Liter des zur Verwendung kommenden Azetons werden im praktischen Betriebe ca. 1000 Liter Azetondämpfe erzeugt; 657 Liter Azeton ergeben also 657000 Liter Azetondämpfe.

Da die Brenner eine bestimmte Gasmenge pro Stunde verzehren, so ergibt sich hieraus eine Gasersparnis entsprechend den erzeugten Azetondämpfen = 657000 Liter, welche von den Herstellungskosten in Abzug zu bringen sind. Dies beträgt unter Anrechnung der Kosten für das Carbid, welches zur Herstellung des gleichen Volumens Azetylen erforderlich ist $\frac{657000}{300} = 2190$ kg à ℳ 0,25 . . . . ℳ 547,50

ℳ 15196,79

Hieraus berechnen sich die Herstellungskosten von 1 cbm gelöstem Azetylen auf:

$$\frac{15196{,}79}{10950} = ℳ\ 1{,}387.$$

Anwendung hat das gelöste Azetylen für Waggonbeleuchtung in größerem Maßstabe bereits in Russland, Schweden, Ungarn, Nordamerika und Canada gefunden, während in Österreich, Italien, Frankreich und England eingehende Versuche mit dieser Beleuchtungsart im Gange sind.

Von den zahlreichen Anwendungsgebieten, die dem gelösten Azetylen offen stehen, will ich hier nur auf einige hinweisen, und zwar zunächst auf diejenigen für Eisenbahnwaggon-Beleuchtung, während vor Jahren die Versuche mit selbsterzeugenden Azetylen-Apparaten negative Resultate zeitigten, hat man die Helligkeit und Schönheit der reinen Azetylenflamme nur ungern bei der Waggonbeleuchtung wieder vermißt, alle bei dieser Anwendung bestandenen Mängel sind durch das gelöste Azetylen behoben, die Beleuchtung der Waggons mittels derselben hat ein einwandfreies und anstandloses Funktionieren ergeben und die erhofften Erwartungen vollauf bestätigt.

Abgesehen von der Beleuchtung von Fahrzeugen steht der Verwendung des gelösten Azetylens ein weites Feld offen überall, wo eine leichte Transportierbarkeit und schnelle Bereitschaft der Lichtquelle notwendig wird, welche mit den bisherigen Apparaten nicht in genügender Weise erreicht werden konnte, und es ist daher dieses Verfahren berufen, eine Lücke auszufüllen.

So vielfach die Anwendung des gelösten Azetylens für die Beleuchtungstechnik auch sein mag, wird m. E. nur ein verschwindend kleiner Teil seiner Produktion hierfür aufgebraucht werden gegenüber seiner Verwendung im Vereine mit konzentriertem Sauerstoff zum Zwecke der autogenen Schweißung.

Die hohe Verbrennungswärme des Azetylens hat demselben bereits eine große praktische Verwendung eröffnet und diese ist in vielen Betrieben im Bunsen- und Gebläsebrenner unentbehrlich geworden. Doch erst dem Azetylen-Sauerstoff-Schweißverfahren scheint es vorbehalten zu sein, sich in großem Maßstabe in unserer modernen Metallindustrie nutzbar zu machen.

1 cbm Azetylen wiegt 1,165 kg, enthält 92,3 Gewichtsprozente Kohlenstoff und erzeugt beim Verbrennen 14340 Kalorien, das heißt 12300 auf 1 kg. Bei Beginn der Verbrennung zersetzt sich das Azetylen in seine Elemente: Kohlenstoff und Wasserstoff, und erzeugt schon durch diese Zersetzung allein 2600 Kalorien. Die sonst noch erzeugte Wärme entstammt der Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlensäure und des Wasserstoffes zu Wasserdampf. Theoretisch sind zur vollständigen Verbrennung eines Gemisches von Sauerstoff und Azetylen $2^1/_2$ Raumteile Sauerstoff auf 1 Raumteil Azetylen erforderlich. In der Praxis sind für die Verbrennung im Azetylen-Sauerstoff-Brenner für 1 Raumteil Azetylen nur 1,2—1,7 Raumteile Sauerstoff erforderlich, wobei die erzeugte Flamme in ihrer Mitte eine ganz kurze Stichflamme aufweist, an deren Spitze die Temperatur am größten ist und etwa 2800—3000° C erreicht. In dieser Zone besteht die Flamme fast ausschließlich aus Kohlenoxyd und freiem Wasserstoff, also aus reduzierenden Gasen, die das Zusammenschmelzen von Metall ohne jede Oxydation zu erreichen gestatten.

An die Einführung der autogenen Schweißung unter Zuhilfenahme des Sauerstoffes konnte natürlich erst gedacht werden, nachdem der technische Sauerstoff zu einem Preise erhältlich war, welcher die Verwendung des-

selben der Industrie ermöglichte, und es ist vor allem die Darstellung des Sauerstoffes durch fraktionierte Verdampfung verflüssigter Luft von einschneidender Bedeutung gewesen.

Die komplette Garnitur zur Vornahme dieses Verfahrens besteht aus:

1. einer Flasche, gefüllt mit gelöstem Azetylen, und ihrem Druckregler,

2. einer Flasche, gefüllt mit Sauerstoff, und ihrem Druckregler,

3. der Lötpistole, welche mit den beiden Rezipienten durch Gummischläuche verbunden ist.

Die Druckregulatoren für Azetylen und für Sauerstoff sind von gleichem System, sie enthalten außer dem eigentlichen Druckregler ein Manometer, welches den jeweiligen Druck in der Flasche anzeigt, eine Regulierschraube, welche dazu dient, den Druck zu regeln und ein kleines Manometer, welches den Arbeitsdruck anzeigt; ferner ist ein Sicherheitsventil vorgesehen. Da die Lötpistolen unter stets gleich bleibendem Druck arbeiten, so muß ihre Stärke in richtiger Proportion zu der Arbeit stehen, die sie leisten sollen.

Die Flamme selbst muß zur Erzielung einer guten und leicht bearbeitungsfähigen Schweißnaht so eingestellt werden, daß eine vollständige Verbrennung des Azetylengases im Sauerstoffstrome stattfindet, da ein Überschuß von Sauerstoff zur Oxydation der metallischen Verbindungsflächen führt und das Ineinanderfließen der in Schweißhitze stehenden Stoßenden des Metalles unmöglich macht, während ein Überschuß von Kohlenstoff die Schweißnaht hart und spröde macht.

Bei einiger Achtsamkeit ist es aber außerordentlich leicht, die Flamme so einzustellen, daß sie dem Verwendungszwecke entspricht. Um eine gute und zähe Schweißung zu erzielen, deren Widerstandsfähigkeit der des soliden Metalles nahezu gleichkommt, muß die Azetylen-Sauerstoffflamme einen scharf abgegrenzten inneren Kegel haben, dessen Basis auf dem Brenner ruht. An der Spitze dieses Kegels erreicht die Temperatur der Flamme die größte Höhe, ca 3000° C. Jeder Überschuß von Azetylen verrät sich dadurch, daß dieser innere Kegel seine scharfe Abgrenzung verliert und von einem gelblichen Mantel umhüllt ist, und es muß dann die Sauerstoffzufuhr vergrößert werden. Ein Überschuß von Sauerstoff führt zu einer Verbrennung des bearbeiteten Metalles unter lebhaftem Funkensprühen.

Wenn man die Sauerstoffzufuhr erhöht, erhält man eine Flamme, die sich auch technisch zum Abschneiden von Rohren oder anderen Metallteilen verwenden läßt.

Außer dem Eisen lassen sich auch Stahl und andere schweißbare Metalle leicht mit der Azetylen-Sauerstoffflamme behandeln, und es ergeben sich hieraus außerordentlich große Verwendungsgebiete hierfür.

Während des jahrhundertelangen Ausbaues unserer Maschinen- und Apparate-Bauindustrie waren die technischen Verfahren zur Verbindung von Metallen im Grunde genommen sehr primitive, und sie mußten es sein, weil es an genügend wohlfeilen Hilfsmitteln fehlte, um die einzig ideale Gestaltung eines komplizierteren Körpers aus einem einheitlichen Metalle wirtschaftlich zu ermöglichen. Man war demnach auf eine Herstellung der Verbindungsnähte durch Nietung angewiesen. Soweit unsere modernen Nieteinrichtungen auch vervollkommnet sein mögen, so kann mit ihrer Hilfe doch immer nur ein mechanisches Zusammenfügen an und für sich loser Metallwände erzielt werden.

Erst durch die innige metallische Verbindung wird ein einheitlicher Körper erreicht, der auch an der Verbindungsstelle dieselben physikalischen Eigenschaften aufweist wie das übrige Material. Dies wird vor allem bei den Kesselnähten die zerstörende Wirkung der Korrosion aufhören lassen. Die Anwendung beschränkt sich jedoch nicht in erster Linie auf die Herstellung von einfachen Längsnähten, es lassen sich im Gegenteil die kompliziertesten Körper hiermit herstellen.

Ein Hauptverwendungsgebiet ist auch bei Reparaturen von Eisenbahnwaggons und Lokomotiven-, Maschinen- und Kesselreparaturen gegeben und zwar nicht nur für Schmiedeeisen und Stahl, sondern auch in hervorragend guter Weise fur Gußeisen und Kupfer. Auch dem Kunstschmiedehandwerk wird mit diesem Schweißverfahren ein Hilfsmittel in die Hand gegeben, mittels welches sich Arbeiten ausführen lassen, welche sonst wohl unausführbar

sind, namentlich weil für feinere Arbeiten eine kleine, leicht zu handhabende Stichflamme mit den nötigen Hitzegraden für Schweißzwecke zur Verfügung steht.

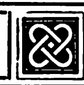
Das Anwendungsgebiet der autogenen Schweißung ist ein sehr vielseitiges, in vielen Fällen wird der Interessent unter Kenntnis des Verfahrens in seinem Gebiet die Anwendung selbst herausfinden und bestimmen und vor allem ist hierdurch dem Konstrukteur ein Hilfsmittel gegeben, welches ihm die Herstellung von Konstruktionen gestattet, welche ohne Anwendung der autogenen Schweißung unausführbar sind.

Der große Vorzug dieses Verfahrens liegt in der leichten Beweglichkeit der erforderlichen Einrichtung, da die verdichteten Gase sich leicht an den jeweiligen Verwendungsort schaffen lassen, wodurch der Metallindustrie ein Hilfsmittel entstanden ist, welches ihr unentbehrlich werden wird.

Die Lösung des alten, hochwichtigen Problems der Schaffung einer transportablen, möglichst ausgiebigen und hellen Lichtquelle hat uns also gleichzeitig ein Heizmittel gebracht, das Effekte von großer technischer Bedeutung ergiebt: Zwei Erfolge von nicht zu unterschätzendem Werte.



Wissenschaftliche und technische Mitteilungen.



Wasserstoffhaltiger Sauerstoff bei Heizwertbestimmungen. Über diese Frage entspann sich neuerdings eine Kontroverse. Ed. Graefe (Z. f. Gasbel. 49, S. 666) hatte auf Grund seiner Versuche den Vorschlag gemacht, bei der Verwendung von Wasserstoff enthaltendem Sauerstoff den Einfluß desselben derart in Rechnung zu setzen, daß man für jedes Prozent Wasserstoff den Heizwert um 1,8 Proz. vermindert. Langbein (Z. f. Gasbel. 50, S. 54–55) hält diese Art der Berechnung für nicht zulässig. Die Differenzen im Heizwert zeigten Abhängigkeit von der Menge der zur Bestimmung verwendeten Substanz und seien für andere Brennstoffe, als sie Graefe benutzt habe, anders. Das Verhältnis des verbrannten und unverbrannten Wasserstoffs schwanke außerdem je nach dem Gehalt und die jedesmalige Gasanalyse kompliziere die Bestimmung. Graefe (Z. f. Gasbel. 50, S. 54) erwidert: Die Abweichungen der einzelnen Bestimmungen von der vorgeschlagenen Berechnung seien im Maximum 0,4 Proz., eine technisch gewiß genügende Genauigkeit.

Wie schon früher möchten wir bei dieser Gelegenheit erneut darauf hinweisen, wie wichtig es ist, daß der Sauerstoff wasserstofffrei geliefert wird. Solange dies nicht stets geschieht, wird man am besten, falls wasserstoffhaltiger Sauerstoff vorliegt, die Reinigung selbst vornehmen, in der Weise, wie dies Berthelot in dieser Zeitschrift beschrieben hat (Bd. 7, S. 93).

Die Wirkungsgrade der Kolben- und Turbokompressoren. Die Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift „Glückauf" bringt in Nr. 52, 1906 einen Aufsatz über die Wirkungsgrade der Kolben- und Turbokompressoren von E. W. Köster und in Nr. 16, 1907 Entgegnungen, welche die Ausführungen Kösters in fachmännischen Kreisen hervorriefen.

Köster legt seinen Angaben den Turbokompressor von Béthune zugrunde und gibt den mechanischen Wirkungsgrad des Kompressors zu 93%, den Gesamtwirkungsgrad des Kompressors zu 60,7% und den Wirkungsgrad des ganzen Maschinenaggregates zu 39,5% an. Im Gegensatz zu dem Konstrukteur des Turbokompressors, Professor Rateau, der einen Gesamtwirkungsgrad des Turbokompressors von 49% leicht erreichbar nennt und diesem einen Höchstwirkungsgrad von 48,5% der ihm bekannten Kolbenkompressoren gegenüberstellt, weist Köster aus den Veröffentlichungen der letzten Jahre $1\frac{1}{2}$—2 mal höhere Wirkungsgrade der Kolbenkompressoren nach. Aus Versuchen, die der Dampfkesselrevisionsverein zu Essen mit einem Rateaukompressor der Firma Brown, Boveri & Komp. anstellte, ergab sich nach Köster, daß der Kolbenkompressor unter gleichen Bedingungen um 35% bezw. 33% günstiger als der Turbokompressor arbeitete.

Diese Ausführungen veranlaßten die „Gutehoffnungshütte", Oberhausen, sowie Herrn Ing. A. Barbezat, Paris, zu Entgegnungen.

Die „Gutehoffnungshütte" hebt zunächst

hervor, daß für die Wahl zwischen den streitigen Maschinengattungen nicht nur der Wirkungsgrad, sondern überhaupt die allgemeinen Verhältnisse der Gesamtanlage, in welche die neue Maschine eingefügt werden muß, maßgeblich sind. Gegenüber den bisher bekannten Konstruktionen sei in dem Rateau-Armengaud-kompressor eine Maschine von hohem Wirkungsgrade, welche Kompressionen auf relativ hohe Drucke gestatte, erstanden. Nach Angaben in „Glückauf" 1906, Nr. 47 drücke ein derartiger Kompressor stündlich 3600 cbm Luft auf 3,5 Atm. Da beim Bergwerksbetriebe stets Abkühlung der Luft in der Druckleitung stattfände, könne für die Bewertung der Kompressorleistung der Quotient aus der Arbeitsmenge, welche zur Kompression von 1 cbm atmosphärischer Luft bei isothermischer Kompression auf einen bestimmten Druck erforderlich ist, durch die tatsächlich bei der Kompression aufgewendete Arbeitsmenge, eingeführt werden, gleichgültig, ob es sich um einen Turbo- oder einen Kolbenkompressor handele. Dieser Wert betrage bei dem erwähnten Kompressor von Rateau-Armengaud 61,5%. Zur Vergleichsaufstellung werden die Angaben über einen Kolbenkompressor, der 1260 cbm/Stde. ansaugt und auf 5 Atm. Überdruck verdichtet, aus der „Z. d. V. D. I." 1905, S. 1881 herangezogen. Sein im obigen Sinne aufgestellter Wirkungsgrad betrage 62%, also ganz unwesentlich mehr als der des Turbokompressors, trotzdem der aus Hoch- und Niederdruckzylinder bestehende Apparat mit Zwischenkühlung arbeitete, wogegen der Turbokompressor, dessen 3 Zylinder eine doppelte und daher sehr wirksame Zwischenkühlung gestatten würden, nur Mantelkühlung hatte.

Der mechanische Wirkungsgrad des Kompressors betrage nicht 93%, sondern mehr als 98%, wenn als mechanischer Wirkungsgrad das Verhältnis der Gesamtarbeit minus der in den Triebwerksteilen für die Bewegung aufzuwendenden Arbeit zur Gesamtarbeit verstanden werde.

Ein besonderer Vorteil des neuen Systems liege in den niedrigen Lufttemperaturen, die zu erzielen waren. Gegenüber den Durchschnittswerten von 110—120° C für 5 Atm. Überdruck beim älteren System hat der ohne Mantelkühlung arbeitende Kompressor von Béthune bei 7,34 Atm. nur eine Lufttemperatur von 99,5° C. Mit den neuesten, mit vorzüglicher Kühlung versehenen Konstruktionen seien Temperaturen von nur 50° C zu erzielen.

Besondere Vorteile bietet die Verwendung des Kompressors im Anschluß an eine Abdampfturbine. Nimmt man den Wirkungsgrad eines Kompressors, der 8000 cbm angesaugte Luft stündlich auf 5 Atm. drückt, zu 62% an, den der Abdampfturbine, in welcher Dampf von 1,1—1,2 Atm. abs. auf 90% Vakuum expandiert, zu 72,5%, so ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von 45,5%. Unter gleichen Bedingungen wäre der isothermische Wirkungsgrad eines von einer Kolbenmaschine betriebenen Kompressors höchstens 83%, der mechanische Wirkungsgrad der Dampfmaschine höchstens 91%, die Ausnützung der Wärme in ihr bei gleichem Dampfdruck wie oben ∾ 50%, also der Gesamtwirkungsgrad, günstig gerechnet 34%.

Für Hochdruckanlagen wird beim Turbokompressor ein Gesamtwirkungsgrad von 41%, für den Kolbenkompressor ein solcher von 40,8% errechnet.

Zu den angeführten Vorzügen käme noch hinzu, daß der Wirkungsgrad des neuen Systems nach Jahren des Gebrauches noch derselbe wie im Anfange sei, ferner der Fortfall einer eingehenden Wartung, ein geringer Ölverbrauch, die Abwesenheit der Ventile und Steuerorgane, sowie eine große Regulierfähigkeit.

Ingenieur A. Barbezat-Paris berichtet über einwandsfreie Versuche, die in Baden (Schweiz) am Turbokompressor angestellt wurden. Durch Anwendung einer einfachen Mantelkühlung ohne Zwischenkühler betrug die gemessene Temperaturerhöhung der Luft nur 70° C bei 5 Atm. Überdruck. Der genannte Kompressor habe 25 Druckstufen, sodaß man bei Einschaltung geeigneter Zwischenkühler und Vergrößerung der Mantel- und Innenkühlfläche künftig eine Erhöhung der wirklichen Diagrammfläche gegenüber der durch die Isotherme begrenzten von höchstens 3 bis 4% annehmen könnte. Der Wirkungsgrad des Kompressors, bezogen auf isothermische Kompression, würde alsdann 66—67% betragen, das ist ein Wert, der vom Kolbenkompressor nur im günstigsten Falle erreicht wird.

Aus Garantieversuchen an 4 im Betriebe

befindlichen Kolbenkompressoren berechnet Barbezat die Gesamtwirkungsgrade der Kompression zu 38,8%, 38,5%, 50% und 51,5%. Aus Vergleichen mit anderen Anlagen könne man ersehen, daß die letztgenannten Angaben große Ausnahmen darstellten und daß der Durchschnitt an der unteren Grenze liege. Hiergegen betrug der Gesamtwirkungsgrad des Kompressors in Baden 40,7% und nach Durchführung einer geeigneten Kühlung könnten 45—46% für den Kompressorenteil bei Turbokompressoren garantiert werden.

In einer Entgegnung auf die gemachten Vorhaltungen bezeichnet Köster die Angaben über die Dampfausnutzung in den Turbinen als übertrieben. Von 20 untersuchten Turbinen der Parsonsgesellschaft betrage der durchschnittliche Wirkungsgrad 55,6%, der höchste 62,3% Von Wirkungsgraden von 67,2% noch dazu bei. relativ kleinen Turbinen, könne also wohl nicht die Rede sein.

Es müsse zwar zugegeben werden, daß die Regulierfähigkeit des Turbinenkompressors eine sehr große sei, sie werde aber mit großen Verlusten erkauft, sobald die Leistung auf $^1/_2$ oder $^1/_4$ der normalen sinke.

Der durchschnittliche mechanische Wirkungsgrad von 4 im Betriebe befindlichen, von Pokorny und Wittekind erbauten Kolbenkompressorenaggregaten betrage 91,27%, der Wirkungsgrad des Luftkompressionsprozesses bezogen auf die Isotherme 82%, das Produkt aus beiden Werten 74,8%; demgegenüber beträgt der Wirkungsgrad des Luftkompressionsvorganges beim Turbokompressor nach Angaben der Gutehoffnungshütte nur 61,5%. Wird der mechanische Wirkungsgrad des Kompressors zu 98% zugegeben, der der Turbine zu 93% angenommen, so ist für den Turbokompressor das Produkt aus dem Wirkungsgrad des Luftkompressionsprozesses und dem mechanischen Wirkungsgrade des gesamten Aggregates

$$0{,}615 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}93 = 0{,}561 \text{ oder } 56{,}1\,\%,$$

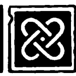
d. h. der Kolbenkompressor ist bezüglich des Wirkungsgrades dem Turbinenkompressor um das $\frac{74{,}8}{56{,}1} = 1{,}333$ fache überlegen.

Unser Urteil über die Auseinandersetzungen der beiden gegnerischen Parteien geht dahin, daß der Zeitpunkt für die Aussprache wohl etwas verfrüht gewählt worden ist, da der Turbokompressor erst am Beginne seiner Entwicklung steht und in der neuen Form nach Rateau-Armengaud unseres Wissens erst in ganz wenigen Exemplaren vertreten ist, wogegen der Kolbenkompressor bald am Ende einer bereits seit mehreren Jahrzehnten bestehenden Entwicklungsperiode angekommen sein dürfte und in seiner jetzigen Gestalt wohl keine wesentlichen Verbesserungen mehr zuläßt. Es ist jedenfalls aus den Darstellungen ersichtlich, daß eventuelle Nachteile bez. des Wirkungsgrades beim Turbokompressor relativ nicht mehr allzu bedeutende sind und daß ein weiterer Ausgleich in Zukunft zu erwarten sein wird.

E. L.

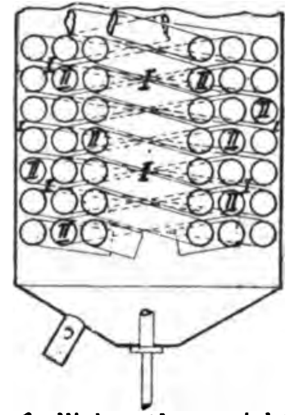


Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



Kühler und Verflüssiger für Gase. Gotthold Hildebrandt in Berlin. D.R.P. Nr. 183410. Zweck der vorliegenden Erfindung ist, die auftretenden Kälteverluste zum Teil dadurch zu vermeiden, daß eine bestimmte Menge des bereits durch Entspannung in sich herabgekühlten Mittels im Entspannungsraum festgehalten wird, damit ihm durch die fortgesetzte Entspannung neuer Gasmengen weitere Wärme entzogen werden kann, so daß die beabsichtigte Verflüssigung oder Tiefkühlung dieser in dem Gefäß zurückgehaltenen Gasmengen einmal vollkommener und ausgiebiger erfolgt als bei den jetzt bekannten Wärmeaustauschverfahren, und zweitens die verflüssigten Produkte gleichfalls in demselben Raume durch Rektifikation in ihre Bestandteile getrennt werden können. Zu diesem Zwecke wird das Gefäß, in welchem die Entspannung des stark herunterzukühlenden oder des zu verflüssigenden Gases erfolgt, mit einer großen Anzahl dünnwandiger Rohre ausgefüllt, die entweder an beiden Enden offen

sind oder mit den unteren Enden in eine besonders abgeschlossene Vorlage münden. Durch die Anordnung dieser zahlreichen frei mit dem Entspannungsraum I bzw. der Vorlage in Verbindung stehenden Rohrabschnitte II sind in dem Entspannungsgefäß zwei verschiedene Arten von Hohlräumen, ein Hohlraum erster und zweiter Ordnung geschaffen worden, von denen der letztere weniger leicht als der andere seinen Gasinhalt an das Saugrohr oder Abflußrohr c abgeben kann. Wenn Preßgas oder verflüssigtes Gas im Hohlraum I entspannt wird, so kann nicht mehr die gesamte abgekühlte Menge desselben auf einmal abfließen, weil ein Teil des gekühlten Gases in dem eingesetzten Röhrennetz II zurückgehalten wird und, um in den Hohlraum I zurück abfließen zu können, erst den langen Weg durch die engen Rohrabschnitte durchströmen muß, so daß deren Inhalt nur unter dem Einfluß der vorhandenen Druckminderung steht. Das in den Hohlräumen I befindliche Gas erfährt den Temperatursturz durch seine eigene Entspannung, während die Abkühlung des den engen Rohrabsshnitten befindlichen Gases nicht mehr durch weitere Expansion, sondern durch Wärmeentziehung seitens des freien, in den Gefäßräumen I, I expandierenden Gases fortgesetzt wird. Dieses mechanisch festgehaltene Gas unterliegt somit fortgesetzt der Kühlwirkung der in den Hohlräumen I, I weiter entspannten und die große Oberfläche der Rohrabschnitte stark abkühlenden Gasmengen, so daß ihr Gasinhalt sich schneller zu verflüssigen beginnt, als wenn er einem fortgesetzten Kreisprozeß von Verdichtungen und Entspannungen unterworfen worden wäre. Die Erfindung bringt daher den Vorteil mit sich, daß eine größere Menge von bereits unterkühltem Gase bis zur Verflüssigung im Kältezentrum der Vorrichtung verbleiben kann, so daß die an diese Menge gebundene Kälte nicht erst wieder auf dem weiten Weg in den Gegenstromvorrichtungen zum Teil verloren geht. Handelt es sich bei diesem Verfahren nicht nur um Verflüssigung, sondern um gleichzeitige Trennung eines Mischgases, so werden die Rohrabschnitte dergestalt in getrennten Bündeln übereinander angeordnet, daß das aus dem Innenraum eines oben gelagerten Bündels verflüssigt abfließende Mittel die Oberflächen des darunter angeordneten Rohrbündels bespült und so in den äußeren Zwischenräumen desselben von aufsteigenden Verdampfungsprodukten durchdrungen wird, wobei in bekannter Weise tiefer siedende verflüssigte Gase wieder verdampft und höher siedende verdampfte Gase wieder verflüssigt werden, so daß die mechanische Trennung des Mischgases eintritt. Die starke Kühlwirkung dieser Vorrichtung kann auch in umgekehrter Weise Verwendung finden dadurch, daß man dieses dichte, offene Rohrnetz in starkwandigen Behältern anordnet, diese zunächst unter Druck setzt und die entstandene Verdichtungswärme in beliebiger Weise ableitet.



Verfahren zur Herstellung reinen Wasserstoffes aus Wassergas. Dr. Adolph Frank in Charlottenburg. D. R.-P. Nr. 174324. Wassergas, welches möglichst vorgetrocknet ist, wird über Karbide, z. B. Calciumkarbid bei einer Temperatur von über 3000° geleitet. Das Calciumkarbid kann rein oder im Gemenge mit anderen Karbiden oder anderen, inerten bezw. die Absorption fördernden, bezw. die Absorptionstemperatur herabsetzenden Stoffen sein. Beim Überleiten von Wassergas über so erhitztes Karbid findet eine Absorption sämtlicher Beimengungen des Wasserstoffes statt. Es bildet, wie bekannt, Kohlenoxyd bezw. Kohlensäure mit dem Karbide Kalk bezw. kohlensauren Kalk und Kohlenstoff. Der Stickstoff wird bekanntlich ebenfalls durch Karbid absorbiert. Die schweren bezw. gesättigten Kohlenwasserstoffe werden beim Hinwegströmen über das erhitzte Karbidmaterial unter Abspaltung von Kohlenstoff zersetzt. Als Endprodukt erhält man schließlich fast chemisch reinen Wasserstoff. Das Verfahren kann auch so ausgeführt werden, daß zur Entlastung des Karbides die Kohlensäure bezw. das Kohlenoxyd in bekannter Weise durch Absorptionsmittel, wie Kalk bezw. Kupferchlorürlösung (sauer, neutral oder alkalisch), vorher ganz oder zum Teil aus dem

Wassergase entfernt und auf diese Weise zunächst ein wasserstoffreiches Gemenge erzeugt wird, welches, wie oben angegeben, der Einwirkung von Karbid unterworfen wird. Bei dieser Arbeitsweise kann man die Regenerierung der Kupferchlorürlösung dadurch bewirken, daß man die Lösung nach Sättigung mit Kohlenoxyd, wie dies auch schon bekannt ist, der Einwirkung eines Vakuums unterwirft. Es wird auf diese Weise das in der Kupferchlorürlösung gelöste Kohlenoxyd schon bei gewöhnlicher Temperatur aus der Lösung entfernt und kann in reinem Zustande für sich besonders gewonnen werden, während die Kupferchlorürlösung wiederum in den Betrieb gelangt.

Verfahren zur Herstellung reinen Wasserstoffes aus Wassergas. Dr. Adolph Frank in Charlottenburg. D. R.-P. Nr. 177703. (Zusatz zum Patente Nr. 174324). Während nach dem Verfahren des Hauptpatentes eine chemische Vorreinigung des Wassergases stattfindet, wird nach dem vorliegenden Verfahren eine Vorreinigung des Wassergases bezw. eine Trennung der Gasbestandteile auf physikalischem Wege herbeigeführt. Ist das Wassergas bei hoher Blasetemperatur hergestellt, so daß es neben dem Wasserstoff fast ausschließlich Kohlenoxyd und nur wenig Kohlensäure enthält, so erfolgt die Trennung, wie dies an sich schon bekannt ist, vorteilhaft in der Weise, daß das zweckmäßig abgekühlte Wassergas in eine Lindesche oder ähnlich konstruierte andere Luftverflüssigungsmaschine geleitet wird.

Hierbei erfolgt eine Trennung, indem Kohlenoxyd sich verflüssigt und Kohlensäure, geringe Mengen Siliciumwasserstoff usw. fest werden, während der Wasserstoff gasförmig bleibt und getrennt weiter geleitet werden kann. Man kann den Prozeß auch so leiten, daß das Wassergas vollständig verflüssigt und aus der erhaltenen Flüssigkeit der Wasserstoff durch fraktionierte Destillation gewonnen wird. Wenn das Wassergas bei niedriger Temperatur hergestellt wird und dementsprechend neben dem Wasserstoff wenig Kohlenoxyd und hauptsächlichst Kohlensäure enthält, kann die Trennung aber auch zweckmäßig in der Weise erfolgen, daß man das Wassergas auf eine unterhalb des Gefrier- bezw. Verflüssigungspunktes der Nebenbestandteile des Wassergases (Kohlensäure, Kohlenoxyd usw.) liegende Temperatur abkühlt und auf diese Weise diese Nebenbestandteile in fester bezw. flüssiger Form von dem erhaltenen Wasserstoff trennt. In allen diesen Fällen wird sodann der erhaltene Wasserstoff einer endgültigen Reinigung durch Überleiten über Karbid nach dem Hauptpatent unterworfen.

Verfahren zur Verminderung des Kraftverbrauches bei wiederholter Herstellung luftverdünnter Räume. F. Fritz Kommanditgesellschaft in Boxhagen-Rummelsburg. D.R.-P. No. 181903. Das Verfahren besteht darin, daß nach Ausnutzung des Vakuums in einem von mehreren Räumen durch Verbindung dieses Raumes mit einem nächstfolgenden in letzterem ein Vorvakuum geschaffen und dann erst nach Abschluß des Raumes das tiefere Vakuum auf das erforderliche Maß gebracht wird. Von zwei durch eine Luftleitung verbundenen, im übrigen getrennten Räumen wird der eine ausgepumpt, nachdem er von dem anderen abgesperrt ist. Um nun den zweiten Raum auf ein gleiches Vakuum wie den ersten zu bringen, öffnet man die Verbindungsluftleitung, wodurch der zweite Raum durch das Vakuum im ersteren zur Hälfte — die Räume sind hier beispielsweise als inhaltsgleich angenommen — luftleer wird. Die Leitung wird wiederum abgesperrt und der zweite Raum weiter ausgepumpt, bis in ihm die Höhe des im ersten Raume ursprünglich vorhandenen Vakuums erreicht ist. Zu diesem Arbeitsvorgang ist ein geringerer Kraftaufwand notwendig wie zur Herstellung des Vakuums im ersten Raum erforderlich war, da im zweiten Raum mit Hilfe des Vakuums aus dem ersten Raum bereits ein Vorvakuum erzielt wurde. Praktisch verwertbar ist die Erfindung unter anderem z. B. in den Fällen, wo ein Vakuum zur Formveränderung von Körpern, Spaltung von Pflanzenfasern, wie bei der Torfkohlenherstellung, Verwendung findet. Hier wird nämlich der Torf in größeren Mengen in einen Raum gebracht, der dann evakuiert wird. Bevor man den Torf nun aus diesem Raum wieder herausholt und das darin hergestellte Vakuum nutzlos aufgibt, benutzt man ihn nach dem vorliegenden Verfahren zur Herstellung des nächstfolgenden Vakuums.



Kurze Mitteilungen.

Zur Unfallverhütung in Kompressionsanlagen. Seitens des Reichsversicherungsamtes ist dem Vorstande der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie die Anfrage zugegangen, ob er aus Anlaß eines am 11. Mai 1906 in der „Blaugasfabrik von Riedinger und Blau in Oberhausen bei Augsburg" eingetretenen Unfalls eine Ergänzung der besonderen Unfallverhütungsvorschriften für die Fabrikation und Verwendung von komprimierten Gasen in der Richtung herbeizuführen beabsichtige, daß die Anbringung einer Verbindungstür zwischen Kompressions- und Motorenraum in solchem Betriebe verboten werde Die technische Kommission in Übereinstimmung mit dem zuständigen technischen Aufsichtsbeamten hat sich einstimmig gegen eine solche Abänderung der Unfallverhütungsvorschriften ausgesprochen. Sie geht von der Ansicht aus, daß es sich bei dem erwähnten Unfall nicht um Vorgänge handelt, die der Kompression von Gasen eigentümlich sind, sondern lediglich um deren Entzündlichkeit. Es kommen hier also vielmehr die allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften in Betracht, deren § 23 bei richtiger Auslegung die Frage indessen schon jetzt erschöpfend regelt. Allerdings würde es sich vielleicht empfehlen, durch erläuternde Anmerkung zu diesem Paragraphen den Begriff des offenen Feuers, sowie die von dem Verbot betroffenen Räumlichkeiten näher zu bezeichnen. Die Berufsgenossenschaft hat den Wortlaut einer solchen Anmerkung vorgeschlagen.

(Chem. Ind. 1907, S. 247.)

Maßnahmen für die Herstellung komprimierter Gase in der Schweiz. Die Sauerstoff-Explosion im Technikum zu Winterthur hatte den technischen Verein in Winterthur veranlaßt, eine Eingabe an den schweizerischen Bundesrat zu richten, mit der Forderung, daß allfällig an den Reinheitsgrad der im Handel vorkommenden verdichteten oder verflüssigten Gase amtliche Anforderungen zu stellen seien. Der Bundesrat beschloß auf Antrag des Eisenbahndepartements, die Akten dem Industriedepartement zur weiteren Untersuchung und Antragstellung zu überweisen. Es sollte nach dem erwähnten Beschlusse durch diese weitere Prüfung festgestellt werden, ob von eidgenössischer oder kantonaler Seite aus Vorkehrungen getroffen werden könnten und zu treffen seien, um für die Herstellung der komprimierten oder verflüssigten Gase bessere Garantien für fachgemäße Ausführung der Fabrikation und für mögliche Vermeidung der Gefahren, welche sich beim Gebrauch dieser Produkte ergeben können, zu schaffen. Das Industriedepartement lud zunächst den Regierungsrat des Kantons Zürich zur Äußerung in der Angelegenheit ein. Die Antwort lautete dahin, die Katastrophe am Technikum beweise mit aller Deutlichkeit, daß mit dem Verkehr in komprimierten oder verflüssigten Gasen Gefahren für Leben und Gut der damit Beschäftigten und anderer Personen verbunden seien, deren Verhütung kaum anders, als durch ein Eingreifen der Bundesbehörden zu bewirken sei. Durch kantonale Vorschriften lasse sich die Sache wohl nicht ordnen, indem dadurch eine große Vielgestaltigkeit kantonaler Erlasse geschaffen und der Verkehr mit den in Frage kommenden Produkten allzusehr erschwert würde. Es lasse sich vielleicht eine Kontrolle, ähnlich derjenigen über die Dampfkessel und Starkstromanlagen, einführen, welche Kontrolle z. B. durch die Institution der Kantonchemiker ausgeübt werden könnte. Die eidgenössischen Fabrikinspektoren unterstützten den Vorschlag des technischen Vereins Winterthur, da angesichts der immer häufigeren Verwendung verdichteter Gase in der Industrie die Möglichkeit des Entstehens neuer Fabriken sehr nahe liege und die Möglichkeit der Wiederholung ähnlicher Katastrophen wie derjenigen in Winterthur nicht ausgeschlossen erscheine. Dagegen dürfte es sich empfehlen, nicht allgemein verbindliche Vorschriften aufzustellen, sondern je nach den Einrichtungen der Fabrik und dem von ihr beobachteten Verfahren die erforderlichen Anordnungen zu treffen. Das Industriedepartement schloß sich, wie es in seinem Geschäftsbericht für 1906 ausführt, den Ausführungen des Fabrikinspektorates an. Es

betont namentlich, daß eine verfassungsmäßige und gesetzgeberische Grundlage fehle, soweit es sich um den Schutz des Konsumenten seitens des Bundes handelt, daß aber das Fabrikgesetz in Artikel 2 und 3 die Handhabe bietet, um den bei der Herstellung solcher Gase ebenfalls gefährdeten Fabrikarbeiter zu schützen, womit indirekt auch dem Abnehmer eine bessere Garantie geboten wird. Ferner wird darauf hingewiesen, daß der Bundesrat durch den Erlaß des Regulativs über die periodische Prüfung der Behälter für den Transport verdichteter oder verflüssigter Gase vom 7. Dezember 1896 bereits weitgehende Schutzvorkehrungen, allerdings von einem andern Gesichtspunkte aus, getroffen hat, die gewiß von großem Werte sind. Das Industriedepartement schlug vor, in den noch in Frage kommenden zwei Fabriken durch die vom Inspektorenkollegium vorgeschlagenen Experten oder einen derselben, unter Mitwirkung des Inspektorats selbst, die zur Aufstellung der den Etablissementen aufzuerlegenden Schutzvorschriften nötige Untersuchung vornehmen zu lassen. Der Bundesrat stimme der Auffassung des Departements zu und es wurde dementsprechend das Nötige vorgesorgt.



Zeitschriften- und Bücherschau.



Physik und Chemie.

Über die Kältemischung aus kristallisiertem Natriumsulfat und konzentrierter Salzsäure. Von L. Szydlowsky. (Wien. Anz. 1907, S. 187—188.)

Zustandsgleichung des Ammoniakdampfes und seine thermischen Eigenschaften. Von Georg Wobsa. (Z. f. d. ges. Kälte-Ind. 14, 1907, S. 61—68.)

Flüssige Luft. Von A. Jacoby. (Im Polargebiete der Naturwissenschaft. Elberfeld 1907, 23 S.)

Über die Abhängigkeit der spez. Wärme Cp der Gase vom Druck. Von Albert Wigand. (S.-A. Sitz.-Ber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. Marburg 1907. S. 1—9.)

Bestimmung der spez. Wärme einiger Elemente, Legierungen und Verbindungen zwischen — 185° und + 20°. Von P. Nordmeyer und A. L. Bernouilli. (Verh. der Phys. Ges. 9, 1907, S. 175—183.)

Die Bestimmung der inneren Reibung einiger geschmolzenen Salze. Von Richard Lorenz und H. T. Kalmus. (Z. f. phys. Chemie 59, 1907, S. 244—251.)

Die gekrümmte Kapillarschicht und die Theorie des Siedens. Von C. Bakker. (Z. f. phys. Chemie 59, 1907, S. 218—243.)

Revue des recherches modernes sur les densités des gaz. Von Philippe A. Guye. (Journ. chim. phys. 5, 1907, S. 203—233.)

The Liquid Volume of a Dissolved Substance. Von John Scott Lumsden. (Proc. chem. Soc. 22, 1906, S. 306—307.)

Die Konstanz der Thermoelemente. Von Walter P. White. (Phys. Z., 8, 1907, S. 325—338.)

Änderung des Peltiereffektes Ni-Cu zwischen 20° und 800° C. Von Karl Rzika. (Wien. Anz. 1907, S. 184.)

Application de la méthode des densités limites aux gaz permanents à 0°; constante des gaz parfaits. Von Philippe A. Guye. (C. R. 144, 1907, S. 976—978.)

Über Mischungen von flüssigem Sauerstoff und Stickstoff. Von C. Nielsen. (Berlin 1906. 62 S.)

Pressluft-Industrie.

Schmierung bei kalter Witterung. Ein interessantes Argument zu Gunsten des Graphites als Schmiermittel ist von der „Dixon Crucible Co.“, Jersey City, aufgestellt worden. — Es ist bekannt, daß fast jedes Lager, dem Öl als Schmiermittel zugeführt wird, im Winter schwerer als im Sommer arbeitet, weil die Kohäsion des Öles in der Kälte vergrößert wird. Bei Verwendung von Graphit in Mischung mit Öl verschwindet dieser Übelstand. (Compr. Air, Jan. 1907.)

Anlaßvorrichtung für Verbrennungsmotoren. Von allen Anlaßvorrichtungen, welche auf der Automobilausstellung im großen Zentral-Palast zu Manhattan vorgeführt, war die im folgenden beschriebene die beste. — Sie besteht aus einem Luftbehälter, der durch den Motor stets unter konstantem Drucke gehalten wird. Vom Augenblicke des Stillstandes der Maschine bis zum erneuten Anlassen bleibt der Druck im Behälter konstant. Zwei von den Motorzylindern werden vom Behälter aus mit Preßluft gefüllt und bei der hierdurch erzielten Drehung der Maschine wird von den beiden anderen Motorzylindern Gemisch angesaugt und alsdann zur Entzündung gebracht. (Compr. Air, Jan. 1907.)

Der Wirkungsgrad der Turbinenkompressoren. (Schweizerische Bauzeitung.)

Eine neue Methode der Luftrückerhitzung zwecks Anwendung in Torpedos. („American Inventor“.) Der Lufterhitzung wird durch eine im Luftbehälter brennende Flamme erzielt, deren Intensität sich der Größe des Luftverbrauches automatisch anpaßt.

Fragekasten.

Welches sind die besten Stopfbuchsen- und Kolbenstangendichtungen für **Hochdruck**kompressoren mit Ausnahme von Lederstulpen und wer liefert solche Dichtungen?

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.

Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.
Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete
herausgegeben von
Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler,** Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 10. **Juli 1907.** **X. Jahrgang.**

Die „**Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie**" erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar,** die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3 gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Hochdruck-Kompressoren.

Von Dipl.-Ing. **Hans Hirschlaff,** Charlottenburg.

ehr vom allgemein forschenden als vom rein theoretischen Standpunkt ausgehend, wird man es beim Eindringen in die obwaltenden und scheinbar verwickelten Verhältnisse des Hochdruckkompressorbaues als eine willkommene Genugtuung empfinden, konstatieren zu können, daß auch dieses, zum mindesten dem Wesen nach neue Spezialgebiet des Maschinenbaues sich in konstruktiver Hinsicht auf bereits bekannte, allgemein erprobte Grundlagen wie beispiels- und vorzugsweise des Dampfmaschinenbaus usw. zurückführen bezw. auf denselben weiter aufbauen läßt, so wie es glücklicherweise auch in der modernen Entwicklung des Großgasmaschinen- und Dampfturbinenbaues mit Vorteil geschehen ist, und sich dasselbe in den häufigsten Fällen an bestehende Grundregeln und Vorbilder im Niederdruckkompressor- und Kältemaschinenbau anlehnt.

Zum Beweis dieser Tatsache sollen nachstehend mehrere Maschinenanlagen zur Komprimierung und Verflüssigung von Gasen betrachtet werden, welche die planmäßig eingeschlagene Richtung in einfachster Weise kennzeichnen, welche auch Interesse genug bieten, an dieser Stelle genannt zu werden und aller Wahrscheinlichkeit nach in noch erhöhtem Maße dieses in Zukunft beanspruchen werden.

Man hat es im Hochdruckkompressorbau je nach Art und Zweck des verwendeten Gases mit verschieden hohen Verdichtungsgraden zu tun. Um Gase auf direktem Wege, ohne Anwendung besonderer Verfahren, in den tropfbar flüssigen Zustand überzuführen, sind einesteils eine unter die sog. »kritische Temperatur« des Gases hinabgehende Abkühlung, anderenteils eine letzerer nahezu umgekehrt proportionale, in der Höhe der jeweiligen Reinheit der Gase entsprechende Kompression erforderlich. In der folgenden Tabelle sind demgemäß für die hauptsächlich in Betracht kommenden Gase die kritischen Temperaturen t_c und Drucke p_c in ° C bezw. in at verzeichnet (d. s. diejenigen Höchstwerte der Temperatur, die nicht überschritten werden dürfen, um selbst bei den höchsten Drücken noch zu einer Verflüssigung des Gases zu führen). Der sich bei unter der kritischen Temperatur erfolgenden Verflüssigung ergebende Druck heißt der »kritische Druck«.

Gasarten:	t_c	p_c
Ammoniak . .	130	115
Chlor . . .	141—146	83—93
Kohlensäure .	31,3	73—77
Sauerstoff . .	—118	50
Atm. Luft . .	—140	39—40
Stickstoff . .	—146	33—35
Wasserstoff .	—234,5	20

Beispielsweise würde Wasserstoff bei einer Temperatur von z. B. —200° C selbst bei noch so hohem Verdichtungsdruck ohne Temperaturänderung sich nicht mehr verflüssigen lassen,

dagegen bei unterhalb der »kritischen« liegender Temperatur bei bloßer Druckerhöhung z. B. bei —252,5° C schon bei atmosphärischem Druck (sog. Siedepunkt). Demnach ist die Verflüssigung eines Gases umso schwerfälliger und schwieriger erreichbar, je tiefer die kritische Temperatur liegt, und es sinkt mit sinkender Temperatur auch der zur Verflüssigung nötige Druck, die »Spannung des gesättigten Dampfes«, welche dann beim sog. Siedepunkt gleich dem atmosphärischen Druck von 760 mm Quecksilbersäule wird.

Es liegt abseits der Tendenz der vorliegenden Abhandlung, speziell die Methoden und Ausführungen zur Verflüssigung einzeln weiter zu verfolgen, auch dürften diese hinlänglich bekannt sein. Bahnbrechend wirkte hier das Linde'sche Verfahren zur Verflüssigung der Luft durch mehrfache Expansion und Abkühlung vorgekühlter, hochgespannter Luft im Gegenstromapparat, welches bis zur Erreichung von Kältegraden unter —200° hinabgeführt und seinerseits die Verflüssigung des Wasserstoffs im Gefolge hatte, nachdem man zu einer wirksamen Vorkühlung gegriffen hatte. Ferner leitete sich aus diesem Verfahren die Herstellung flüssigen Stick- und Sauerstoffs ab, welche durch fraktionierte Verdampfung und Rektifikation der Luft gewonnen wurden.

Während aber bei den gasförmigen Körpern, deren Siedepunkt nicht wesentlich unter 0° lag, wie bei Schwefliger Säure, Ammoniak, Chlor, Kohlensäure usw., zur Verflüssigung bei gewöhnlicher Temperatur nur verhältnismäßig geringe Drucke, wachsend bis ca. 50 at zur Anwendung kamen, verlangten die zur Verflüssigung der »permanenteren« Gase erforderlichen hohen Kältestufen einen möglichst hohen Spannungsabfall, zumal die Abkühlung pro 1 at Druckdifferenz nur $^1/_4$° C bei Luft von 16° C ausmachte. Für industrielle Zwecke bildete jedenfalls die moderne Entwicklung der Gasverflüssigungen den wesentlichsten Anhalt für die Bemessung und den Ausbau der Hochdruckkompressoren. Dazu kommt ferner die Notwendigkeit der Aufbewahrung möglichst großer Quantitäten der erzeugten Gase in möglichst wenig Raum beanspruchenden Vorratsbehältern (Stahlflaschen), welche sich gleichzeitg in bequemster und sicherster Weise für denTransport eignen mußten. Diese Flaschen haben ausgedehnteste Verbreitung in chemischen Laboratorien, ferner zur Lieferung des Wasserstoffs für die Luftschiffahrt, von Sauerstoff und Wasserstoff oder Azetylengas für das sich so glänzend entwickelnde Verfahren der autogenen Schweißung und für viele andere Zwecke gefunden, wie wir sie an Hand der Beispiele noch kennen lernen werden. So waren also die praktischen Grenzen für die Gasdrucke im allgemeinen gegeben und sie haben sich durchschnittlich auf einer Höhe von 100—200 at gehalten. Es sind indessen, wie hier sogleich bemerkt werden soll, Gasdrücke über 2—3000 at hinaus möglich und auch anfänglich, vor der Erfindung des Gegenstromapparates, jedoch ohne den gewünschten Erfolg, im Versuchsapparat zur Verflüssigung von Gasen hergestellt werden.

Wir werden uns im Folgenden jedoch mit Hochdruckkompressoren befassen, welche sich in den mittleren Druckgrenzen von 150—250 at bewegen, sodaß Kompressoren für Ammoniak, Chlor, Kohlensäure u. a. als solche weniger Beachtung finden, insofern sie ja auch durch die weit mehr Anforderungen stellenden Hochdruckkompressoren in buchstäblichem Sinne an konstruktivem Interesse einbüßen.

Allgemein werden Hochdruckkompressoren je nach ihrer Druckhöhe und den verlangten thermodynamischen, mechanischen und volumetrischen Wirkungsgraden, zwei-, drei-, vier- und sogar fünfstufig in der Konstruktion ausgeführt und je nach der Menge und Zusammensetzung des zu verdichtenden Mediums, der Art des maschinellen Antriebs und je nach den gegebenen örtlichen Verhältnissen die spezielle Bauart gewählt. Es ist dies der schon von den Niederdruckkompressoren her übliche und vom Dampfmaschinenbau übernommene Weg, durch Teilung des Druck- und Temperaturgefälles, abgesehen von der Notwendigkeit der Reduktion der sonst übermäßig anwachsenden Triebkräfte, möglichst gleiche Arbeits- bezw. höchste Nutzleistung auf die einzelnen Zylinder zu übertragen und außer höchster Ökonomie und Gleichmäßigkeit im Gange der Maschinen durch gleichzeitige stufenweise Zwischenkühlung der Gase auf die Anfangstemperatur zurück auch eine überhaupt praktischerseits zu beherrschende

Arbeitstemperatur in den Kompressorzylindern usw. zu ermöglichen. Wie weit der Konstrukteur durch zweckmäßige Abwägung der erzielbaren Betriebsersparnisse und der vermehrten Anlagekosten usw. mehrstufiger Kompression in der Wahl der Stufenzahl zu gehen hat, lehren nachstehende Tabellen, von denen die erste die Arbeitsverluste durch Kompressionswärme von atmosphärischer Luft für verschiedene Drucke, einmal bezogen auf die gesamte isothermische, zweitens auf die gesamte adiabatische Kompressionsarbeit, die zweite den erforderlichen Kraftbedarf in Pferdestärken pro cbm in der Minute angesaugter Luft enthalten.

I

Manometerdruck in kg/qcm	Arbeitsverlust in °/₀, bezogen auf:							
	Einst. Komp.		Zweist. Komp.		Dreist. Komp.		Vierst. Komp.	
	Isoth.	Adiab.	Isoth.	Adiab.	Isoth.	Adiab.	Isoth.	Adiab.
11.2	44,8	30,9	20,1	16,7	12,3	10,9	9,1	8,4
21,4	61,2	37,9	25,7	20,5	16,6	14,2	12,0	10,7
41,8	80,4	44.5	32,8	24,7	20,4	16,9	14,9	13,0
71,4	96,1	49,0	37,9	27,5	23,2	18.8	16,9	14,5
100	108,6	52,0	41,5	29,3	25,9	20,5	18,6	15,7
142	122,0	55,0	45,8	31,4	27,5	21,5	19,9	16,5

II

Manometerdruck in kg/qcm	Einst. Komp.		Zweist. Komp.		Dreist. Komp.		Vierst. Komp.	
	Theoret. mittl. Kolbenüberdruck kg/qcm	Theoret. Leistung pro cbm min. anges. Luft in PS.	Theoret. mittl. Kolbenüberdruck kg/qcm	Theoret. Leistung pro cbm min. anges. Luft in PS.	Theoret. mittl. Kolbenüberdruck in kg/qcm	Theoret. Leistung pro cbm min. anges. Luft in PS.	Theoret. mittl. Kolbenüberdruck in kg/qcm	Theoret. Leistung pro cbm min. anges. Luft in PS.
11,2	3,5	8,1	2,9	6,6	2,7	6,3	—	—
21,4	5,0	11,1	4,0	9,0	3.7	8,1	—	—
41,8	6,9	15,2	5,0	11,2	4,6	10 2	4.4	9,7
71,4	8,6	19,1	6,0	13.3	5,4	12,0	5,1	11,3
100	9,8	21,8	6,75	15,0	5,9	13,1	5,5	12,2
142	11,3	25,0	7,4	16,5	6,5	14,4	6,1	13,5
200	12,9	28.7	8,2	18,3	7,1	16,0	6,6	14,7
250	13,9	30,9	8,7	19,6	7,5	16,7	6,9	15,3

In den beiden Tabellen ist auf den Einfluß der Mantelkühlung keine Rücksicht genommen. Die Anfangstemperatur der Luft ist in jedem Zylinder zu 15° C angenommen. Mittlere Drucke und Leistungen der mehrstufigen Kompression sind auf den Niederdruckzylinder reduziert. Tabelle 3 gibt Aufschluß über die volumetrischen Wirkungsgrade ohne Druckausgleich, welche zeigt, daß derselbe mit wachsendem schädlichen Raum bis herab auf den Wert 0 sinken kann und daß man daher in den meisten Fällen nicht über ein Druckgefälle von ca. 1 : 6 in einem Zylinder gehen soll.

III

$\frac{p_2}{p_1} = \varepsilon$	Isotherm. Kompression				Adiabat. Kompression			
	$\varepsilon_0 =$ 0,1	$\varepsilon_0 =$ 0,08	$\varepsilon_0 =$ 0,06	$\varepsilon_0 =$ 0,04	$\varepsilon_0 =$ 0,1	$\varepsilon_0 =$ 0,08	$\varepsilon_0 =$ 0,06	$\varepsilon_0 =$ 0,04
1,1	0,99	0,992	0,994	0 996	0,993	0,994	0,996	0,9972
1,2	98	984	988	992	986	989	992	9945
1.3	97	976	982	988	979	984	9877	9918
1.4	96	968	976	984	973	978	9838	989
1,5	95	960	970	980	967	973	980	9867
1,6	94	952	964	976	960	968	976	984
1.7	93	944	958	972	954	963	9726	9817
1.8	92	936	952	968	948	958	9689	979
1,9	91	928	946	964	942	954	9654	977
2	90	920	940	960	936	949	9619	9746
2,5	85	88	91	94	908	927	945	963
3	80	84	88	92	882	906	929	953
3.5	75	80	85	90	857	885	914	9427
4	70	76	82	88	833	866	8896	933
5	60	68	76	84	787	829	872	915
6	50	60	70	80	744	795	846	897
7	40	52	64	76	703	762	821	881
8	30	44	58	72	663	730	798	865
9	20	36	52	68	625	699	775	85
10	0,10	0,28	46	64	588	670	753	835
15	—	—	0,16	44	417	534	650	767
20	—	—	—	0,24	0,263	0,410	0,558	0,705

Auch empfiehlt sich dies bei den Niederdruckzylindern der Hochdruckkompressoren, trotzdem der schädliche Raum hier wegen der besonderen Anordnung der Ventile in den Deckeln bis auf 1—2°/₀ herab geht, weil er aber mehr oder weniger für die ganze Leistung in den folgenden Zylindern ausschlaggebend ist.

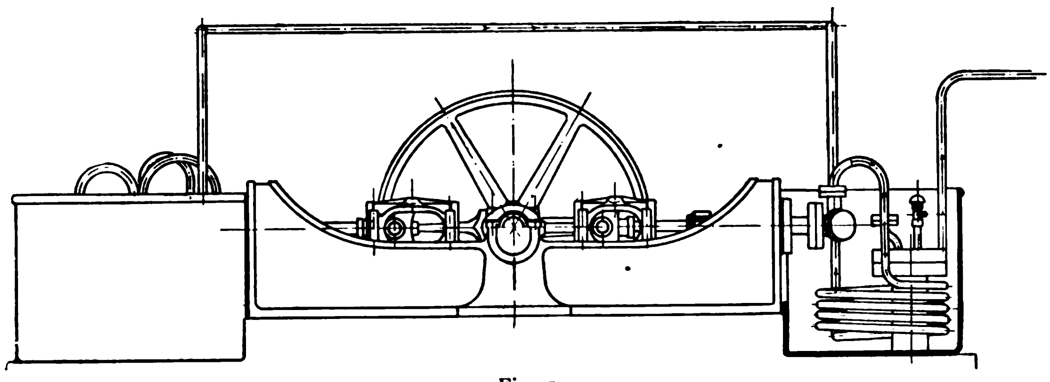


Fig. 1.

In den höheren Druckstufen fällt der schädliche Raum wegen der kleinen Gesamtvolumina trotz aller Bemühungen wieder höher aus.

Ebenso wie also durch günstige Wahl der Druckstufenzahl schon eine erhöhte Gleichförmigkeit im Gange der Maschinen erzielt werden kann, kann ein weiterer Ausgleich in den treibenden und Massenkräften noch durch entsprechende Anordnung und Kurbelversetzung der Zylinder geschaffen werden.

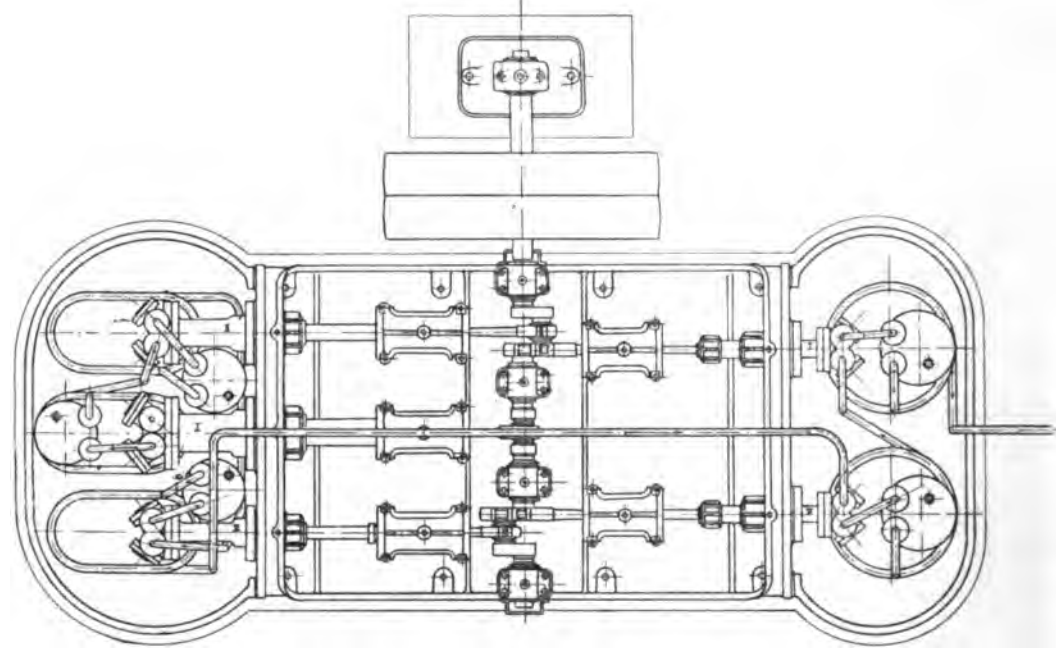


Fig. 2.

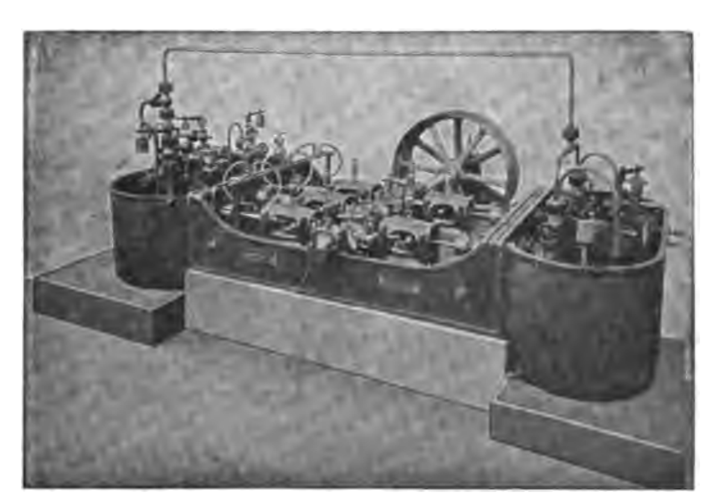


Fig. 3.

In dieser Beziehung bemerkenswert ist die Ausführung eines fünfstufigen Gaskompressors der »Sürther Maschinenfabrik vorm. H. Hammerschmidt in Sürth b. Köln«. (Fig. 1—3.) In gedrängtester Weise werden hier von einer zentralen, dreifach gekröpften Kurbelwelle, welche mittelst Riemenscheibe angetrieben wird, fünf Kompressorplunger bewegt. Die drei ersten, auf der einen Seite der Welle liegenden Arbeitszylinder II, I, III, werden direkt von den um 90° gegen einander versetzten Kurbelverkröpfungen mittelst Pleuelstange, Kreuzkopf und Plungerkolben betätigt, während die beiden letzten Zylinder V und IV, welche gegenüber von den Zylindern II und III angeordnet sind, mittelst auf den Wangen der Kurbelkröpfung aufgesetzter Exzenterbügel, Exzenterstangen, Kreuzkopf und Plunger angetrieben werden. Sämtliche Traglager der Kurbelwelle und Kreuzkopfführungen sind mit einem kastenförmigen Gußkörper aus einem Stück gegossen, an welchem gleichzeitig sämtliche Kompressorzylinder mit ihrer Stopfbüchsseite angeflanscht sind und zentrisch abgestützt werden. Die einfach wirkenden Zylinder mit Deckeln und Ventilen sind nach Art der betr. Kühlmaschinenorgane ausgeführt und liegen beiderseits in je einem an den mittleren Gußkörper angeschlossenen Wasserbottich, ebenso die von und zu den Ventilen der Zylinder



führenden Verbindungsrohre, welche, als kupferne Schlangenrohre ausgebildet, die Zwischenkühlung bewirken. Zwischen je zwei Zylindern liegt ferner ein Sammel- und Druckausgleichgefäß, welches ebenfalls vom Kühlwasser umspült wird und welches jedesmal laut Vorschrift der Berufsgenossenschaft ein Sicherheitsventil gegen Überschreiten des maximalen Zwischendrucks erhält. Bei der so erstrebten Gleichmäßigkeit der Maschine war ein schweres Schwungrad unnötig und genügte ein neben der Riemenscheibe aufgesetztes gleich großes Rad. (Fortsetzung folgt.)

Vakuum und Pressluftentstäubung.

B. Preßluft contra Saugluft.*)

(Erwiderung der Maschinenfabrik A. Borsig, Tegel.)

Die von der Vakuumreiniger G. m. b. H. in Heft 6 dieser Zeitschrift veröffentlichte Beschreibung über das Borsig'sche Preßluft-Entstäubungsverfahren zeugt von einer erstaunlichen Unkenntnis über das Wesen dieser Entstäubungsmethode.

Die Schilderungen der Firma sind geeignet den Eindruck zu erwecken, als ob das Preßluftentstäubungssystem ein mittels Preßluft betriebenes Vakuumverfahren darstellt, was die Vollkommenheit des Preßluftentstäubungssystems als fraglich erscheinen lassen könnte.

Es sei demgegenüber folgendes festgestellt:

Bei dem Borsig-Preßluftentstäubungsverfahren erfolgt in Wahrheit die Reinigung mittels Preßluft, nicht aber durch Saugluft (Vakuum). Die von der Konkurrenz aufgeführten Versuche, die die Unwirtschaftlichkeit eines durch Preßluft betätigten Vakuumverfahrens nachweisen sollen, sind daher für die Beurteilung der Preßluftentstäubung vollkommen wertlos.

Eine Bestätigung hierfür liefert schon die Veröffentlichung der Konkurrenzfirma selbst. Einerseits wird in entsprechender Weise darzulegen versucht, daß die Entstäubung mittels Preßluft wesentlich mehr als 28 mal soviel Kraftaufwand bedingt, als wenn die Entstäubung durch Vakuum erfolgt, und an anderer Stelle ist dagegen zu lesen, daß ein Preßluftentstäubungsapparat zweimal sowiel Kraft benötigt, wie ein Saugapparat.

Es erübrigt sich hiernach vollständig, auf Versuche und die daran geknüpften Schlußfolgerungen des Näheren einzugehen.

Eine nicht zu bestreitende Tatsache ist es, daß die durch das Ausströmen von Druckluft von 5 Atm. gebildeten Luftstrahlen ein mehrfaches soviel an Energie besitzen, als ein, durch ein Vakuum von ungefähr 0,2 Atm. Unterdruck erzeugter Luftstrahl. Daher läßt sich mit ersterem Verfahren der in Teppichen und schweren Geweben festsitzende Staub bedeutend schneller und vor allem gründlicher entfernen, als mit Hilfe von Vakuum.

Die erste Anwendung der Preßluft zur Staubbeseitigung erfolgte derart, daß nur mittels eines mit einer Anzahl feiner Löcher versehenen Rohres Druckluft auf das zu reinigende Gewebe geblasen wurde. Die aus den Löchern austretenden Luftstrahlen dringen ins Innere des Gewebes ein und entfernen nicht nur den Staub, der auf und zwischen den Fäden liegt, sondern blasen auch die Staubteilchen heraus, die zwischen den die Fäden bildenden Fasern eingeschlossen sitzen. Die Staubentfernung ist eine äußerst rasche und gründliche. Hierbei wird der Staub natürlich in die umgebende Luft geblasen, weshalb das Verfahren nur im Freien zur Teppichreinigung anwendbar war. Der Gedanke lag nahe, über das Blasrohr eine Haube zu setzen und den darin aufgewirbelten Staub abzusaugen. Die konstruktive Ausbildung dieses Gedankens verkörpert der heute angewandte Preßluftentstäubungsapparat (s. Figur). — Am Rande des Mundstückes, tritt, wie bereits gesagt, Preßluft aus einer Anzahl dicht nebeneinander befindlicher Löcher oder Düsen heraus und diese Preßluftstrahlen dringen in das Gewebe ein. Der darin befindliche Staub wird aufgelockert und — infolge der Richtung, die die Düsen haben — nach dem Innern des Apparates geblasen. — Im Abführungsrohr des Apparates befindet sich eine Düse, der ebenfalls Preßluft entströmt. Dieser Preßluftstrahl

*) Fortsetzung zu S. 93 (Heft 6).

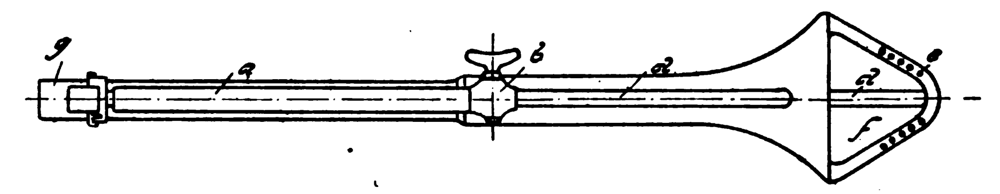
erzeugt im Mundstück (Haube) eine Luftleere und saugt den Staub im Moment des Aufwirbelns ab, um denselben durch das Abführungsrohr zum Filter zu schaffen. Um losen bzw. bereits schwebenden Staub, welcher hier nach Gebrauch der Preßluft nur noch in Frage kommt, fortzuschaffen, ist ein sehr geringes Vakuum ausreichend. Es kommt lediglich darauf an, mittels der durch die Düse erzeugten Ejektorwirkung mehr Luft fortzuschaffen als aus den Löchern des Blasrohres am Rande des Bläsers ausströmt. Demzufolge wird stets ein gewisses Vakuum im Mundstück vorhanden sein, so daß Luft aus der umgebenden Atmosphäre durch das Gewebe und um den Rand des Bläsers herum in das Mundstück hineingesaugt wird. Hierdurch ist ein unbedingt staubfreies Arbeiten des Apparates gewährleistet. Der Staub kann nicht nach außen hin entweichen.

Ebenso funktioniert der beim Borsig'schen Verfahren angewandte Filter vollkommen staubfrei. Trotzdem der Filter kleine Abmessungen und ein geringes Gewicht aufweist, enthält derselbe infolge seiner eigenartigan Konstruktion eine große Filterfläche. Hierdurch wird erreicht, daß die Luft langsam und ohne erheblichen Widerstand das Filtertuch passiert, ohne Staub mit hindurchzureißen. Der Filter besitzt keinesfalls die ihm von der Konkurrenz zugesprochenen Nachteile.

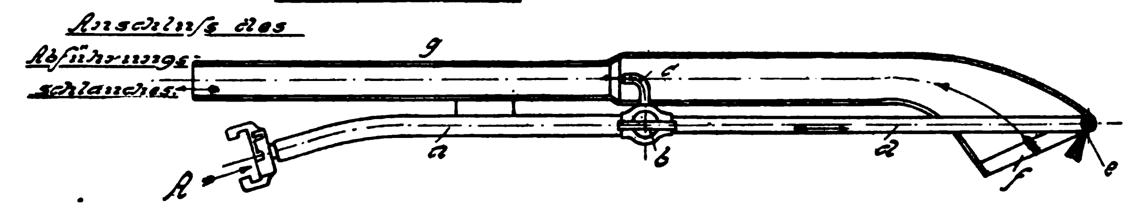
Um es kurz zu wiederholen:

Beim Preßluftentstäubungsverfahren der Firma A. Borsig, Tegel, wird die, dem Preßluftstrahl innewohnende hohe Strömungsenergie direkt zur Staubentfernung verwendet. Das gleichzeitig im Mundstück erzeugte Vakuum dient zum Fortschaffen des durch die Preßluftstrahlen bereits entfernten Staubes, wozu ein geringes Vakuum vollkommen ausreicht.

Die Konkurrenzfirma sucht dagegen den Glauben zu erwecken, daß die Reinigung mit Preßluftapparaten nur durch die, mittels der Saugdüse im Mundstück hervorgerufene Luftverdünnung herbeigeführt werden soll, und daß im wesentlichen das Prinzip der Preßluftentstäubung hierauf beruhe. Nur ganz nebenbei bemerkt die Firma, um angeblich den Beweis der Unzulänglichkeit der Saugwirkung zu erbringen, daß am Rande des Reinigungsapparates Druckluft auf die zu reinigenden Gegenstände geblasen würde, wodurch die Wirkung nicht verbessert wird.



Möbelbläser Schnitt.



Demgegenüber wird konstatiert, daß die Preßluftstrahlen außerordentlich schnell und gründlich den Staub aus Geweben entfernen.

Der Kraftverbrauch der Preßluftapparate ist verschieden bemessen und richtet sich nach der Größe des Apparates und nach dem Verwendungszweck desselben.

Zum Entstäuben dicker Stoffe, Teppiche oder Polster, wo der Staub tief eingebettet ist, dient ein Apparat von außerordentlich intensiver, kombinierter Preß- und Saugwirkung, mit ca. 8 PS. Kraftverbrauch. Für gewisse Zwecke kann die Saugwirkung dieses Apparates auch allein angewandt werden, wobei der Apparat lediglich als Vakuumsauger wirkt. Der Kraftverbrauch beträgt dann nur die Hälfte. Es werden ferner verschiedene größere und

kleinere Apparate hergestellt, so z. B. einer, der zum Reinigen großer Teppichflächen dient und ein ungemein rasches und gründliches Reinigen ermöglicht, bei ca. 5 — 6 PS. Kraftverbrauch. Ein anderer Apparat, der das Entstäuben von Fußböden und Wänden ermöglicht und die bedeutende Öffnung von 300 mm Länge hat, benötigt dagegen nur einen Kraftaufwand von ca. 2,5 PS. Auf den, von der Konkurrenz zum Vergleich angeführten Apparat von 200 mm Spaltlänge, ihren größten, bezogen, dessen Betrieb ca. 2 PS. beansprucht, bedeutet dies einen Kraftverbrauch von nur 1,67 PS.

Mit einem Arbeitsaufwand von 2 PS. vermag nur eine Luftpumpe angetrieben zu werden, die infolge des hohen Vakuums, das dieselbe aus später noch zu erörternden Gründen erzeugen muß, nur eine verhältnismäßig geringe Luftmenge am Mundstück des Saugers anzusaugen vermag. Die vor dem Mundstück des Saugers von normaler Größe erzeugte Luftströmung genügt jedenfalls nicht, um festgetretenen Staub aus dichten und schweren Teppichen zu entfernen.

Wie eingangs bereits hervorgehoben, darf der Grad der Luftverdünnung bei einem Vakuumapparat eine gewisse Höhe (ca 0,2 Atm.) nicht überschreiten, da sich andernfalls der Apparat am Gewebe festsaugt, was die Hantierung sehr erschwert und leicht eine Beschädigung der Stoffe durch Herausziehen der Fasern mit sich bringt. Der Rest des von der Vakuumpumpe erzeugten höheren Vakuums (oft bis 0,7 Atm. Unterdruck und noch höher) wird für die Überwindung der Filter- und Rohrwiderstände aufgewandt. Eine Folge dieses erhöhten Vakuums und ein nicht zu unterschätzender Nachteil ist es, daß die Vakuumpumpe dabei weniger Luft von atmosphärischer Spannung ansaugt, als bei einem geringen Vakuum; oder, was dasselbe ist, es strömt weniger Luft in die Öffnung des Bläsers ein, wodurch der Reinigungseffekt eine starke Verminderung erfährt. Das höhere Vakuum bedeutet demnach einen höheren Kraftverbrauch bei geringerem Reinigungswert. Soll bei höherem Vakuum noch die normalerweise erforderliche Luftmenge mit dem Sauger angesaugt werden, so ist die Wahl einer wesentlich größeren Luftpumpe mit entsprechend größerem Kraftverbrauch geboten. Das hohe Vakuum an der Vakuumpumpe bildet mithin allein keinen Maßstab für die Intensität der damit zu bewirkenden Reinigung.

Wird der Querschnitt des Mundstückes verkleinert und auch die Geschwindigkeit, mit der die Luft dem Sauger entströmt, verringert, indem man weniger Luft ansaugt, so ist man in der Lage, den Kraftverbrauch eines Saugapparates fast auf jedes gewünschte Maß zu reduzieren, jedoch auf Kosten der Gründlichkeit oder Schnelligkeit der Reinigung. Es sei an die durch Hand betriebenen Vakuumapparate erinnert. Zum Betriebe derselben genügt bei Verwendung anscheinend normal großer Mundstücke ein Kraftverbrauch von weniger als ¼ PS. Die erzielte Reinigung, namentlich bei Teppichen, schweren Stoffen und Polstern ist aber auch dementsprechend. Von Gründlichkeit kann dabei keine Rede sein.

Auf die Frage des Kraftverbrauches zurückkommend, soll ein nicht hoch genug einzuschätzender, wirtschaftlicher Vorteil der Preßluftentstäubungsanlagen gegenüber allen Vakuumsystemen hervorgehoben werden. Dieser besteht darin, daß für den Betrieb der Preßluftanlage nicht mehr Kraft aufgewandt wird, als dem Preßluftverbrauch der jeweilig angeschlossenen Apparate und der Arbeitsdauer, sowie Arbeitsweise derselben entspricht.

Wie bereits mitgeteilt, verbrauchen die verschieden großen Apparate, weil für verschiedene Zwecke angewendet, verschiedene Mengen an Druckluft. Es entstehen aber auch bei der Reinigungsarbeit ab und zu Pausen, wo vorteilhafter Weise der Zufluß an Druckluft zum Apparat gänzlich abgesperrt werden kann. Bei größeren Anlagen, die zum gleichzeitigen Betriebe mit mehr als einem Apparat bemessen sind, wird des öfteren der Fall eintreten, daß weniger als die volle Anzahl der Apparate zu derselben Zeit in Anwendung sind. Diesen wechselnden Verhältnissen trägt der Erzeuger der Druckluft, der Kompressor, Rechnung, indem derselbe nur soviel Druckluft liefert, als gerade verbraucht wird, und der Kraftverbrauch ist der gelieferten Druckluftmenge entsprechend.

Eine Vakuumanlage dagegen wird stets annähernd denselben Kraftverbrauch haben, einerlei, ob alle Apparate, für die die Anlage

bestimmt ist, oder nur ein Teil derselben angeschlossen ist. Infolgedessen gestaltet sich der Betrieb solcher Anlagen, deren Leistungsfähigkeit nicht immer vollkommen ausgenutzt wird, lange nicht so rationell, wie bei den Preßluftentstäubungsanlagen, wo der Kraftverbrauch immer dem Luftverbrauch angepaßt bleibt.

Die selbsttätige Regulierung der Preßluftanlage geschieht in der Weise, daß bei Übersteigung eines bestimmten Druckes im Windkessel die Luftlieferung des Kompressors in einfacher Weise durch die stets vorgesehene automatische Reguliervorrichtung unterbunden wird und der Kompressor leer weiter läuft, ohne Arbeit zu verrichten. Wenn der Druck um ein bestimmtes Maß durch den Verbrauch von Druckluft wieder gesunken ist, schaltet die Reguliervorrichtung den Kompressor von neuem zur vollen Tätigkeit ein. Beim Leerlauf verbraucht der Kompressor nur wenig Kraft, und der Betrieb ist ein rationeller.

Ein weiterer Einwand, der gegen die Anwendung des Preßluftentstäubungssystemes erhoben wird, ist der, daß zwei Schläuche nötig sind. Diese Anordnung kann jedoch absolut nicht als nachteilig hingestellt werden. Die Zuführung der Preßluft z. B. in den Möbelbläser erfolgt durch einen Schlauch von 10 mm l. Durchm. Der Staubabführungsschlauch zum Filter hat einen inneren Durchm. von 19 mm. Berücksichtigt man nun dagegen, daß beim Vakuumverfahren der Saugschlauch infolge des größeren Volumens der Saugluft noch viel größer ist, und zwar 28 mm l. W., und obendrein wegen des inneren Unterdruckes mit einer kräftigen Drahtspirale, sowie ziemlich schwer und steif ausgeführt wird, so ist die Behauptung der Konkurrenz, die Handhabung der Preßluftapparate sei schwieriger, als die der Vakuumapparate, nicht recht verständlich. Das Gegenteil wäre eher der Fall, zumal, wenn man bedenkt, daß zum Bewegen des Vakuumapparates infolge seiner Neigung zum Festsaugen schon eine höhere Kraft angewendet werden muß als beim Preßluftapparat.

Einen eklatanten Beweis dafür, wie wenig die Konkurrenz über das Preßluftverfahren der Firma A. Borsig orientiert ist, liefert ihr Bestreben, die Untauglichkeit eines tragbaren Filters zu begründen, der bisher noch nicht ein einziges Mal von der Firma A. Borsig angewendet worden ist. Es soll hiermit durchaus nicht gesagt sein, daß es nicht möglich ist, einen brauchbaren und guten Filter zu bauen, der auf dem Rücken der die Reinigung ausübenden Person getragen werden kann. Vorläufig muß derselbe aber gemäß Vorgesagtem aus der Diskussion ausscheiden.

Der von der Konkurrenz angeführte Vorgang, wonach sich nach einigen Stunden Betrieb die Poren eines Filterstoffes angeblich öffnen, dürfte auf eine Erscheinung zurückzuführen sein, die man beim Vakuumsystem häufig beobachtet. Wenn Staub sich auf den Stoff setzt, wird derselbe weniger durchlässig. Infolge des dadurch erhöhten Widerstandes steigt im entsprechenden Maße bei den Vakuumanlagen das von der Vakuumpumpe erzeugte Vakuum, so daß der Druckunterschied, der zwischen den beiden Seiten des Filtertuches herrscht, anwächst. Dieser erhöhte Druckunterschied hat zur Folge, daß Staubteilchen durch dieselben Poren des Stoffes durchgedrückt werden, durch die vorher kein Staub hindurchging. Luft und Staub werden sozusagen gewaltsam durch den Stoff durchgepreßt. Die Poren eines jeden Stoffes sind nie gleichmäßig groß. Durch die größeren Poren wird beim soeben beschriebenen Vorgang mehr Luft und Staub hindurchgehen und diese Poren rasch erweitern. Staub gelangt dann in den Zylinder der Luftpumpe, wo er eine rasche Abnutzung der Flächen des Zylinders und der Kolben zur Folge hat, die bedeutende Betriebsstörungen und Reparaturkosten verursachen.

Der bei den Preßluftentstäubungsanlagen angewandte Filter kann die, ihm von der Konkurrenz zugeschriebenen Mängel niemals besitzen, denn die sich darin abspielenden Vorgänge sind ganz andere.

Es ist zunächst ausgeschlossen, daß der Staub gewaltsam durch die Poren des Filtertuches hindurchgedrückt werden kann. Wie bereits beschrieben, wird mittels der im Reinigungswerkzeug befindlichen Ejektordüse eine Strömungsgeschwindigkeit erzeugt, die dem normalen Widerstand der Filterwandungen entsprechend bemessen ist. Da diese Kraft jedoch nicht anwachsen kann, auch wenn Staub

sich auf die Filterflächen setzt, ist es, wie schon gesagt, unmöglich, daß der Staub gewaltsam durch die Poren des Filterstoffes gedrückt wird. Schüttelt man den betreffenden Filter in der untenstehend beschriebenen Weise, dann funktioniert derselbe dauernd sachgemäß.

Der letzte Einwand der Konkurrenzfirma nun, daß die Lebensdauer eines Kompressors infolge des höheren Druckes geringer sei als die einer Vakuumpumpe, verdient kaum Beachtung, denn es wird kein Fachmann, kein Ingenieur dem beipflichten. Es dürfte dem betreffenden Herrn nicht bekannt gewesen sein, daß der Konstrukteur die Dimensionen und Abnutzungsflächen der Maschinenteile gemäß den auf dieselben einwirkenden Kräften bemißt. Die Laufflächen eines Kompressors sind pro qcm nicht höher belastet als diejenigen einer Vakuumpumpe. Von einem Unterschiede in der Lebensdauer kann darum nicht die Rede sein.

Über weitere Mängel, die dem Vakuumsystem anhaften, sei noch folgendes gesagt:

Einer der größten Nachteile aller Vakuumapparate ist der, daß der abgesaugte Staub durch eie ganze Rohrleitung gesaugt werden muß. Um zu verhindern, daß sich der Staub zum Teil nicht bereits in den Rohrleitungen absetzt, muß die Luft eine hohe Geschwindigkeit beim Passieren der Rohrleitungen erhalten. Trotzdem sind Verstopfungen unvermeidlich und treten vor allem häufig auf, wo dicke, faserige Teppiche gereinigt werden. Die abgelösten Fasern besitzen die unangenehme Eigenschaft, sich leicht festzusetzen und die Rohre zu verstopfen. Solche Verstopfungen sind schwer auffindbar und deren Beseitigung ist oft zeitraubend und kostspielig.

Die hohe Luftgeschwindigkeit hat große Druckverluste durch die Reibung der Luft in den Röhren zur Folge. Bei mäßig langer Leitung ist der Druckverlust bereits so groß, daß, wenn der Unterdruck an der Öffnung des Saugers nur einige cm Quecksilbersäule beträgt, die Vakuumpumpe bereits ein Vakuum von 60 Proz. und mehr herstellen muß.

Ein weiterer großer Nachteil besteht darin, daß die an einer solchen Anlage angeschlossenen Sauger mit verschiedener Intensivität arbeiten werden. In größerer Entfernung von der Luftpumpe — wo der Unterdruck natürlich nur ein Bruchteil von dem ist, der in der Nähe der Luftpumpe herrscht — ist die Wirkung der Apparate nur eine sehr mangelhafte; und ein Sauger, der näher der Luftpumpe angeschlossen ist, als ein anderer, der gleichzeitig in Betrieb sein soll, wird soviel Luft ansaugen, daß der letztere überhaupt nicht funktionieren kann. Es ist deshalb auch ausgeschlossen, bei Hausreinigungsanlagen mehrere Apparate auf verschiedenen Etagen gleichzeitig zu betätigen. Bei größeren Gebäuden wird deshalb die erlassene Vorschrift, etagenweise zu reinigen, störend empfunden.

Es ist eine physikalische Tatsache, daß bei einem hohen Vakuum die Luftpumpe viel weniger Luft fördert, als bei geringerem Vakuum. Hierdurch wird jedoch die Leistungsfähigkeit des Saugers in starkem Maße vermindert, denn der Reinigungseffekt ist, wie bereits hervorgehoben, wesentlich von der angesaugten Luftmenge abhängig. Der große Druckverlust, mit dem gerechnet werden muß, macht die Verwendung langer Leitungen unmöglich. Eine Vakuumanlage kann daher nie mit einem langen, weitverzweigten Rohrnetz betrieben werden.

Die Verwendung verschiedener Filter anstelle des einen Zentralfilters (wodurch es möglich wird, die Rohrleitungen etwas mehr auszudehnen) ist auch nur ein problematisches Mittel. Die Natur der Sache bringt es mit sich, daß diese Filter in einiger Entfernung von der Vakuumpumpe (im Keller des betr. Hauses) Aufstellung finden müssen, oftmals sogar an ziemlich unzugänglichen Stellen. Da wird die in bestimmten Zeitabständen vorzunehmende Reinigung leicht vernachlässigt, woraus die bereits geschilderten Betriebsstörungen entstehen. Bei einigen ausgeführten Anlagen sollen die Filter längstens alle zwei Stunden gereinigt werden. Dies gestaltet sich sehr umständlich, wenn man berücksichtigt, daß eine besondere Bedienung für die Beaufsichtigung des Betriebes der Vakuumpumpe und für die Reinigung der Filter nicht vorhanden ist, sondern diese Arbeiten von der, die Reinigung ausübenden Person mit übernommen werden sollen.

Vergegenwärtigt man sich einen größeren Bau, wie Hotel, Verwaltungsgebäude oder dergleichen, wo ein langer Weg, unter Umständen



bis in die äußersten Kellerwinkel, zu machen ist, um an die Filter zu gelangen, so ist es zu verstehen, wenn dieselben nicht vorschriftsmäßig gereinigt werden.

Von einer anderen Firma wird anstelle der Zylinderluftpumpe, wie sie die Vakuumreiniger G. m. b. H. verwendet, eine Art Membranpumpe benutzt. Es ist dies vom technischen Standpunkt eine äußerst mangelhafte Konstruktion, die zu häufigen Betriebsstörungen Anlaß gibt. Mit derselben kann nur eine wesentlich geringere Luftverdünnung erzielt werden wie mit der Zylinderluftpumpe. Demzufolge treten die bereits geschilderten Nachteile des Vakuumverfahrens noch in verstärktem Maße zu Tage. Da die Luft nicht staubfrei aus dieser Luftpumpe herauskommt, wird ein Filter hinter derselben angeschlossen.

Da der Vakuumreiniger G. m. b. H. die Verwendung des Filters in der Saugleitung durch Patent geschützt gewesen ist, dürfte die Benutzung einer Membranpumpe mit all ihren Mängeln und häufigen Betriebsstörungen infolge von Membrandefekten nur als Notbehelf anzusehen sein.

Andere Firmen dagegen stellen die Luftverdünnung mittels Dampf- sowie Wasserstrahlejektoren her.

Wie unwirtschaftlich der Dampfstrahlejektor sein soll, hat Herr Dr. Ing. Griessmann in anschaulicher Weise nachzuweisen versucht. Ob die Vornahme der Versuche in jeder Weise einwandfrei war, kann aus dem Inhalt der Veröffentlichungen nicht festgestellt werden.

Die Verwendung des Wasserstrahlejektors bildet ebenfalls ein sehr unökonomisches Mittel, eine Luftverdünnung von der Höhe herzustellen, wie sie bei den unvermeidlichen Rohrreibungsverlusten notwendig ist. Entweder ist der Verbrauch an Leitungswasser ein sehr großer, sodaß die Betriebskosten bedeutende werden, oder es bleibt bei geringerem Wasserverbrauch der erzielte Reinigungseffekt ein sehr mangelhafter.

Besonders stark tritt dies dort hervor, wo zur Erzeugung des Druckwassers eine elektrisch betriebene Zentrifugalpumpe benutzt wird. Rechnet man die einzelnen Verluste in dem Elektromotor, der Zentrifugalpumpe und dem Wasserstrahlejektor, zusammen, so findet man, daß der Gesamtwirkungsgrad dieser Anlagen zur Erzeugung von Vakuum keine 10 Proz. beträgt; über 90 Proz. der dem Elektromotor zugeführten Energie gehen nutzlos verloren.

Es liegt klar auf der Hand, daß solche Anlagen bei gutem Funktionieren einen großen Kraftverbrauch aufweisen müssen, und bei normalem Kraftverbrauch nur eine völlig unzulängliche Reinigung ermöglichen.

Alle Vakuumverfahren, einerlei wie das Vakuum hergestellt wird, haben die vorbeschriebenen Mängel:

- Verstopfung der Leitungen,
- große Reibungsverluste in den Leitungen,
- gegenseitige Beeinträchtigung in der Wirkung, wenn zwei oder mehrere Apparate gleichzeitig arbeiten sollen,
- mangelhaftes Funktionieren der Apparate an entfernten Stellen,
- keine Regulierung des Kraftverbrauchs,
- nur kurze Leitungen sind möglich,
- große Anlagen und einwandsfreies Funktionieren unmöglich,
- wo Filter in Anwendung kommen, treten die diesen anhaftenden Mängel noch hinzu.

Das Preßluftentstäubungssystem ist von allen diesen Mängeln frei. Die Rohre führen nur reine Druckluft, Staub kann in dieselben nicht hineingelangen, deshalb sind Verstopfungen ausgeschlossen. Der Rohrquerschnitt kann nach Belieben gewählt werden, um die Reibungsverluste in zulässigen Grenzen zu halten Anlagen mit langen und weitverzweigten Rohrleitungen sind ohne die geringste Schwierigkeit ausführbar, wie dies beispielsweise bei von der Firma Borsig für die Entstaubung von Eisenbahnwagen errichteten Anlagen mit Rohrleitungen bis zu 3000 m Länge beweisen. In jeder Entfernung arbeiten die Apparate gleichmäßig gut. Den Düsen des einzelnen Apparates kann nur die durch die Größe desselben bestimmte Luftmenge entströmen, daher wird der eine Apparat durch das Funktionieren des anderen in keiner Weise beeinträchtigt. Es wird nur soviel Kraft verbraucht, wie Druckluft zum Reinigen verwendet wird, im Gegensatz zum Vakuumverfahren, wo annähernd stets dieselbe Kraft aufzuwenden ist, einerlei, ob nur ein Teil oder alle Apparate funktionieren.

Die Poren des Filterstoffes können sich

nicht erweitern und den Staub durchlassen, da der Druck, der dies hervorruft, im Filter nicht entstehen kann. Die Reinigung des Filters ist einfach. Durch ein paar Drehungen an einem Handgriff sind die Filtersäcke abzuschütteln.

Zum Hantieren mit den Preßluftapparaten ist keine große Kraft notwendig, da dieselben nicht das Bestreben haben, sich auf der zu reinigenden Fläche festzusaugen. Auch sind die beiden in Frage kommenden leichten Schläuche von kleinen Durchmessern durchaus nicht unhandlicher als der eine schwere Schlauch der Vakuumapparate.

Das Preßluftsystem arbeitet staubfrei, da der aufgelockerte Staub sicher abgesaugt wird. Mit der kombinierten Blas- und Saugwirkung kann eine gründliche Reinigung der schwersten dichtesten Teppiche erreicht werden, wie es mit Vakuum keinesfalls möglich ist.

Aus all diesen Gründen verdienen die Preßluftentstäubungsanlagen gegenüber den Vakuumanlagen entschieden den Vorzug.



Wissenschaftliche und technische Mitteilungen.



Die Verwendung von Atmungsapparaten in den französischen Bergwerken. Die Katastrophe von Courrières hatte zur Folge, daß man sich in Frankreich eingehend mit den Atmungsapparaten für Rettungszwecke beschäftigte. Der Minister der öffentlichen Arbeiten veranlaßte den »Conseil general des mines«, zu prüfen, welche Maßnahmen in dieser Richtung zu ergreifen seien und dieser setzte eine Kommission ein, die die einschlägigen Fragen studierte. Das Urteil, das im Bericht dieser Kommission über den praktischen Wert der gegenwärtig üblichen Apparate gefällt wird, ist wenig günstig. Der Bericht unterscheidet zwei Klassen: 1. Pumpen und Schlauchapparate, die dem Retter, der sich in eine unatembare Atmosphäre vorwagt, von einem nichtbedrohten Ort frische Luft zuführen. 2. Die tragbaren Apparate, die den Retter unabhängig machen. Die letzteren teilt der Bericht in 4 Haupttypen.

1. Apparate mit komprimiertem Sauerstoff und Regeneration der ausgeatmeten Luft mittels alkalischen Absorptionsmitteln, die Wasserdampf und Kohlensäure zurückhalten (Apparate von Draeger, Schamrock, Giersberg).

2. Apparate mit komprimierter Luft ohne Regeneration (Neuheit).

3. Apparate mit Regeneration durch Sauerstoff, der in der Form von Superoxyden der Alkalien aufgespeichert ist.

4. Apparate mit flüssiger Luft, »eine ganz neue Erfindung, die praktisch noch nicht erprobt ist, aber gute Resultate zu geben scheint.«

Über die Erfolge der Apparate wird folgendes mitgeteilt:

In Österreich sind Atmungsapparate seit 8 Jahren eingeführt. Es scheine jedoch, daß es in dieser Zeit nicht gelungen sei, ein einziges Menschenleben zu retten. Man sei immer zu spät gekommen. Im allgemeinen sei die Vergiftung der Opfer vollkommen, bevor man Zeit habe, die Apparate in Benützung zu nehmen.

Doch sei hervorzuheben, daß in den letzten Jahren in den betr. Distrikten keine schweren Unglücksfälle vorgekommen seien und daß man selten Gelegenheit gehabt habe, die Apparate anzuwenden. Auf alle Fälle denke niemand daran, auf die Apparate zu verzichten, im Gegenteil, man suche sie mehr und mehr zu verbessern. Man könne sicher annehmen, daß es bei guter Organisation möglich sei, Menschenleben zu retten und das genüge, um die Apparate zu rechtfertigen. In Österreich habe übrigens ihre Anwendung bis jetzt keinen Todesfall veranlaßt. Betreffend Deutschland behauptet der Bericht: »Mit Ausnahme einiger Gesellschaften, die sich speziell Rettungsfragen widmen, scheinen die westfälischen Ingenieure ziemlich skeptisch gegenüber den Erfolgen der Rettungsapparate.« Man kenne nur einen unstreitigen Fall, wo ein Mann gerettet worden sei. In anderen Fällen sei nicht zu sagen, wie weit die Rettung ohne die Apparate möglich gewesen sei. Dagegen seien 9 Fälle bekannt geworden, wo die Anwendung der Apparate selbst tötlich verlaufende Unglücksfälle herbeigeführt habe. Eine Wahl unter den der Kommission bekannt gewordenen Apparaten sei nicht möglich. Alle enthielten in ihren Konstruktionen ernstliche Übelstände. Man dürfe indes den Nutzen, be-

sonders in moralischer Beziehung nicht unterschätzen, insofern sie dem Retter das Gefühl der Sicherheit geben. Auf Grund des Berichtes hat nun der Minister der öffentlichen Arbeiten eine Verfügung[1]) erlassen, die von den Zechen, mit über 100 Mann betragender Belegschaft, den Besitz von Atmungsapparaten fordert und Vorschriften über Anzahl, Zustandskontrolle u. s. w. festsetzt, jedoch davon absieht, einen bestimmten Apparat vorzuschreiben oder auch nur zu empfehlen. Ähnliche Organisationen existieren in Österreich, Rußland und in unserem schlesischen Kohlengebiet. In Westfalen ist die Organisation der Rettungsmaßnahmen privater Natur.

Die Frage der Atmungsapparate wurde übrigens auch von einer Kommission der Industriellen des »district du Nord« bearbeitet. Diese Kommision glaubte jedoch, schon jetzt einen bestimmten Apparat empfehlen zu können. Unter denen, die ihr bekannt geworden sind und von denen keiner ohne Fehler ist, bevorzugt sie den »Pneumatogen« Typ II, hält jedoch weitere Versuche damit für nötig. Der Pneumatogen sei nicht teuer, von leichter Handhabung und enthalte keinen mechanischen Teil, der zu schlechtem Funktionieren neigen könnte. Einige französische Firmen haben übrigens die Apparate von Schamrock, von Draeger und von Vanginot eingeführt. Nach dem Urteil der genannten Kommission müsse man aber in diesen Einrichtungen nur die provisorische Ausstattung der Rettungszentralen sehen, bis mit dem Pneumatogen praktische Erfahrungen vorliegen und die Apparate mit flüssiger Luft in Aufnahme kommen, die vielleicht im Hinblick auf ihr geringes Gewicht, auf ihre Ausgiebigkeit, ihre Einfachheit und das Fehlen jeder chemischen Reaktion die Apparate der Zukunft werden. G. K.

[1]) Journal offiziell, 18. April 1907, Seite 2985.

Aerolith, ein Atmungsapparat mit flüssiger Luft. Einen Atmungsapparat, bei welchem durch Vergasung flüssiger Luft eine regelmäßige Atmung erzielt wird, hat der Oberingenieur Süß von den Witkowitzer Steinkohlengruben in Mährisch-Ostrau konstruiert. Durch die Mitarbeit der Hanseatischen Apparatebaugesellschaft hat der Apparat eine praktisch brauchbare Form erhalten. Der Apparat stellt einen auf dem Rücken zu tragenden Tornister dar, in dessen Inneres durch einen verschließbaren Stutzen die flüssige Luft geschüttet wird. Ein Metallschlauch, an dessen Ende ein Mundstück aus Kautschuck angebracht ist, führt die verdampfende Luft nach dem Munde, durch den der Träger des Apparats atmet. Die Wärme der ausgeatmeten Luft dient zur Verdampfung der flüssigen Luft. — Die Witkowitzer Steingruben haben günstig verlaufene Versuche mit dem Aerolith ausgeführt und eine Luftverflüssigungsanlage für den Zweck aufgestellt. Eine Mitteilung, ob die wechselnde Zusammensetzung der verdampfenden Luft keine Unzuträglichkeiten mit sich bringt, enthalten die Veröffentlichungen nicht. Da stets flüssige Luft bereit gehalten werden, also der Verlust, der durch Verdunsten entsteht, dauernd gedeckt werden muß, wird die wünschenswerte Betriebsbereitschaft der Apparate große Mengen flüssiger Luft verschlingen und so sehr teuer werden.



Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen.



Vorrichtung zum Umfüllen von verdichtetem oder verflüssigtem Gas. Pierre Giron in Paris. D. R.-P. Nr. 185752. Es werden zur Zeit Kapseln mit flüssiger Kohlensäure in den Handel gebracht, die für den Hausgebrauch zum Selbstfüllen von Biersiphons und künstlichem Wasser bestimmt sind. Die Kapseln mußten bisher zum Neufüllen zur Fabrik zurückgeschickt werden, die mit den Vorrichtungen für eine Wiederfüllung mittels einer Zwischenkompressionspumpe ausgestattet ist. Durch die nachstehend beschriebene Vorrichtung wird ermöglicht, daß der die Kapseln vertreibende Kleinhändler die leere Kapsel aus der großen Kohlensäureflasche selbst wieder füllen kann, woran er bisher durch die Umständlichkeit und Kostspieligkeit des Umfüllverfahrens verhindert war. Die umstehende Abbildung zeigt die neue

Vorrichtung. Die flüssige Kohlensäure oder ein sonstiges komprimiertes Gas enthaltende Flasche a ist an einen Pfosten b o. dgl. befestigt, und zwar mit dem Hals nach unten. An dem Halse sitzt der zur Flasche gehörige Ventilkopf c mit dem Manometer d, welches den Druck des Gases in der Flasche a angibt. An den Ventilkopf c ist die Füllvorrichtung mittels Schraube m angeschlossen. Will man eine Kapsel x füllen,

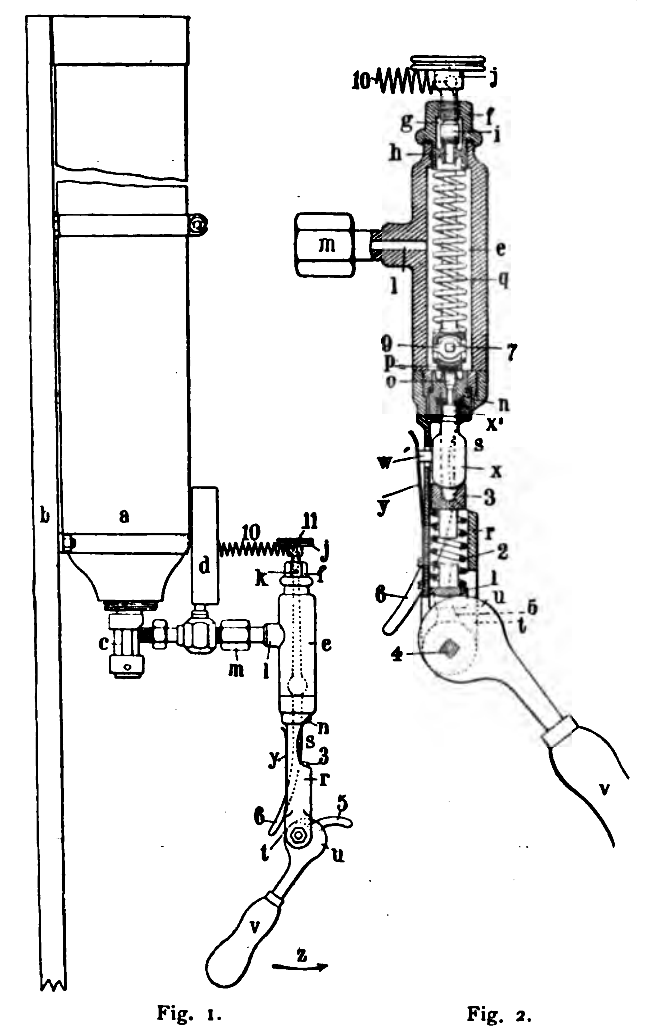
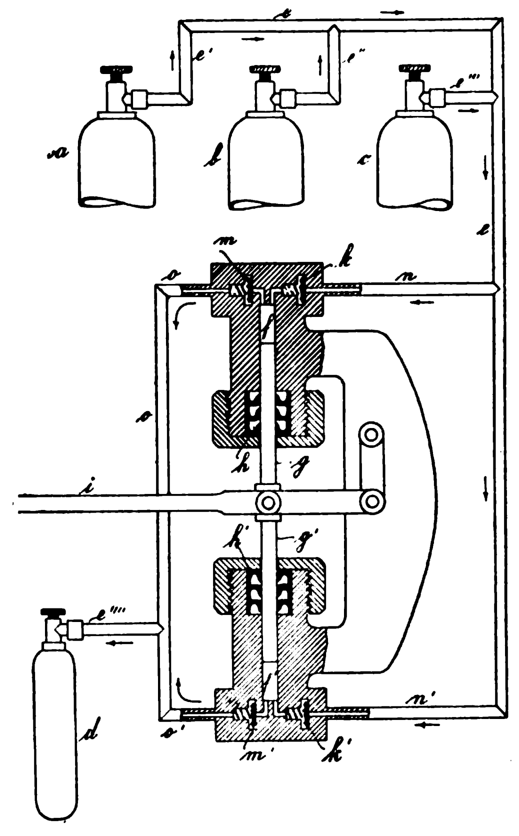


Fig. 1. Fig. 2.

so setzt man sie auf das Gesenk 3, indem man ihren Kopf x' in den Pfropfen n einsteckt und den Stift w zurückdrückt. Bewegt man dann den Griff v in der Pfeilrichtung (Fig. 1), so bewegt der Daumen u das Gesenk 3 aufwärts und dieses preßt die Mündung x' der Kapsel x unter Einwirkung der Feder 2 fest gegen die Mündung des Kanals o (Fig. 2). Dreht man den Griff v weiter, so schlägt der Arm 5 gegen den Hebel 6 und dreht dessen Achse 7 und den Daumen 9. Dieser Daumen hebt das Ventil p und setzt somit den Kanal o mit dem Behälter e in Verbindung. Unter dem Druck des im Behälter e befindlichen Gases öffnet sich das an der Kapsel x befindliche Ventil, und das Gas tritt in die Kapsel ein, indem es die darin befindliche Luft austreibt. Letztere steigt in den oberen Teil des Behälters e empor, wo sie sich ansammelt. Die Füllung der Kapsel geht momentan vor sich, sodaß man den Griff v sofort wieder niederdrücken kann, wobei der Arm 5 den Hebel 6 freigibt, der unter der Einwirkung der Feder 10, die bei 11 mit dem Hebel verbunden ist, in seine Ruhelage zurückkehrt und das Ventil p schließt, welches nun durch die Feder q fest gegen die Mündung des Kanals o gepreßt wird. Da der Druck des Behälters e nicht mehr auf das Ventil der Kapsel einwirkt, so schließt sich dieses wieder und verhindert den Rücktritt des in die Kapsel eingefüllten Gases. Senkt man den Griff v noch weiter, so gibt das sich weiter senkende Gesenk 3 die Kapsel frei und der Stift w bewirkt unter der Einwirkung der Feder y ein Lösen der Kapsel aus dem Pfropfen. Die Vorrichtung kann nunmehr zum Füllen einer neuen Kapsel benutzt werden. Von Zeit zu Zeit läßt man die Luft, die sich unter dem Ventil i angesammelt hat, entweichen. Man löst zu diesem Zwecke ein wenig die Schraube j, worauf sich das Ventil i unter dem Gasdruck im Behälter e hebt. Die Luft bläst nun durch das Ventil, die Kammer g und den Kanal k aus. Sobald flüssiges Gas an der Mündung des Kanals k erscheint, schließt man das Ventil i durch Niederschrauben der Druckschraube wieder.

Verfahren zum Umfüllen hochgespannter Gase aus einer Reihe von Vorratsbehältern mit verschiedenem Druck in einen leeren Verbrauchsbehälter. »Drägerwerk« Inhaber Heinrich und Bernhard Dräger in Lübeck. D. R.-P. Nr. 185652. Die bisher bekannt gewordenen Umfüllverfahren für hochgespannte Gase, z. B. Sauerstoff, haben verschiedene schwerwiegende Nachteile. Das betr. Umfüllverfahren besteht darin, daß eine doppeltwirkende Pumpe benutzt und der Druck des in den Vorratsbehältern befindlichen Gases als Mittel angewendet wird, um die beim Füllen zu leistende Arbeit auf das Mindestmaß zu beschränken. Das Umfüllen

kann deshalb an jedem Ort durch Handkraft rasch vorgenommen werden. Einen Apparat, mit welchem das Verfahren ausgeführt werden kann, zeigt nebenstehende Zeichnung. a, b und c sind Vorratsbehälter, aus welchen der Verbrauchsbehälter d gefüllt werden soll, und zwar mit einem höheren Druck, als der höchste Druck in einem der Vorratsbehälter beträgt. e', e'', e''' sind Verbindungsrohre, welche sich sämtlich in e vereinigen. An das Rohr e schließt sich die doppeltwirkende Tauchkolbenluftpumpe

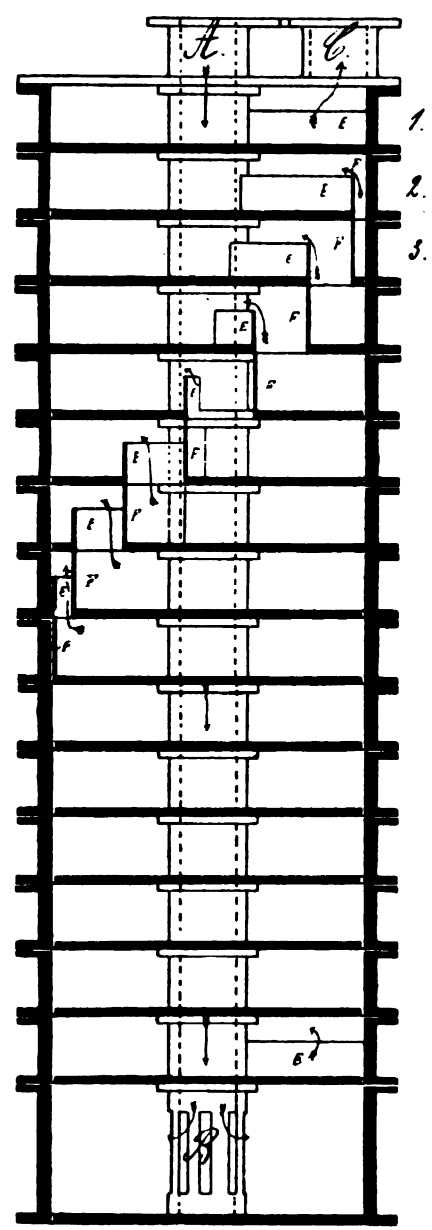


an. n, n', sind die Saugwege und o, o', sind die Druckwege der Pumpe, und durch Rohr e'''' ist die Verbindung der Pumpe mit dem zu füllenden Verbrauchsbehälter d hergestellt. An der Pumpe selbst bezeichnen g, g', den zylindrischen Doppelkolben, f, f', die Zylinder, h, h', die Dichtungsmanschetten, k, k', die Saug- und m und m' die Druckventile, und i ist der Pumpenschwengel. Die Pfeile bezeichnen die Wege des Gases. Die Vorratsbehälter enthalten ganz verschiedenen Druck. Es möge angenommen werden, Behälter a sei fast entleert, er enthalte nur noch 5 Atm., da derselbe aber zehnmal so groß wie der Verbrauchsbehälter d ist, so genügt das Quantum Sauerstoff, um in dem kleinen Behälter den Druck auf reichlich 40 Atm. pumpen zu können. Diese Arbeit kann ein Mann mit Leichtigkeit ausführen. Nachdem die Ventile von a und d geöffnet und durch Pumpen der angenommene von Druck 40 Atm. in d hergestellt ist, schließt man a und öffnet b. Wir nehmen nun an, b enthalte ebenfalls 40 Atm. Es ist ersichtlich, daß jetzt auf beiden Pumpenkolben derselbe Druck ruht, die Pumpe also wie im Anfang sich im Gleichgewicht befindet. Beim Weiterpumpen spürt also der arbeitende Mann anfangs keinen Gegendruck, derselbe stellt sich erst allmählich wieder ein. Man ist also in der Lage, weitere 40 Atm. ohne größeren Kraftaufwand wie im ersten Fall in den Verbrauchsbehälter d hinein zu pumpen. Wir nehmen nun an, dies sei geschehen und der dritte Vorratsbehälter c enthalte 80 Atm. Nachdem nun b geschlossen und c geöffnet, herrscht abermals Gleichgewicht in der Pumpe. Man pumpt jetzt abermals mit demselben Kraftaufwand wie in den beiden ersten Fällen 40 Atm. in Verbrauchsbehälter und hat nun in diesem den gewünschten Druck von 120 Atm. Man schließt hierauf c und d und entfernt den gefüllten Verbrauchsbehälter d von der Vorrichtung. Der Vorratsbehälter a, welcher geleert, wird ebenfalls entfernt und dafür ein neuer, z. B. 100 Atm. enthaltender Vorratsbehälter angeschraubt. Wenn man nun noch einen kleinen leeren Verbrauchsbehälter anschraubt, kann der Vorgang, und zwar unter noch günstigeren Bedingungen von neuem beginnen. Wir haben jetzt im Vorratsbehälter b noch fast 40 Atm. als niedrigsten Druck, fangen also mit diesem an, und da sich der Verbrauchsbehälter sofor nach Öffnung der Ventile von selbst annähernd so hoch füllt, beginnen wir auf dieser Stufe des Druckes zu pumpen, und zwar bis zur nächsten Druckstufe von etwas weniger wie 80 Atm. in Vorratsbehälter c. Von dieser Stufe bis zur nächsten Gleichgewichtsstufe in Behälter a (100 Atm.) sind nur 20 Atm., und von dieser Stufe bis zur Füllung des kleinen Verbrauchsbehälters sind ebenfalls nur 20 Atm. zu überwinden. Durch Vermehrung der Vorratsbehälter kann man die Stufen beliebig noch näher zusammen legen.

Vorrichtung zur Behandlung von Gasen und Flüssigkeiten im Gegenstrom unter Anwendung

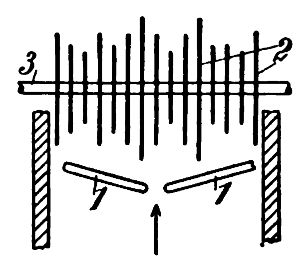


von übereinander angeordneten Schalen. Arthur Wilhelmi in Antonienhütte, O.-S. D.R.-P. Nr. 184842. Alle Schalen der im folgenden beschriebenen Vorrichtung besitzen einen sektor-



artigen Ausschnitt L, eine Wand E, welche halbe Schalenhöhe hat, eine Wand F, welche die Schale schließt und Rippen M zur Gasführung. Der Aufbau der Schalen erfolgt in der Weise, daß Wand E der Schale 1 genau auf Wand F der Schale 2 zu liegen kommt, ebenso Wand E der Schale 2 auf Wand F der Schale 3, wobei der Ausschnitt L zur Gasüberleitung dient und dadurch ein stufenartiger Schraubengang gebildet wird. A ist der Gaseintritt; durch B gelangt das Gas in die unterste Schale über die Überlaufwand E und Rippen M zwangläufig zur nächsten Schale, und so fort bis zum Austritt C.

Vorrichtung zur Darstellung von Salpetersäure oder Stickstoffoxyd aus atmosphärischer Luft mittels des elektrischen Lichtbogens. Salpetersäure-Industrie-Gesellschaft, G. m. b. H. in Gelsenkirchen. D.R.-P. Nr. 186454. Bei der Darstellung von Salpetersäure aus Luft mittels des elektrischen Lichtbogens, müssen bekanntlich die Gase nach dem Verlassen des Lichtbogens schnell abgekühlt werden. Bei der in nebenstehender Fig. gezeigten Vorrichtung wird die Abkühlung der Reaktionsgase durch eine Anzahl gegeneinander isolierter, rechtwinklig zur Längsachse des Lichtbogens 1 auf einer Achse 3 befestigter Platten 2 aus geeignetem Material herbeigeführt. Der Lichtbogen wird zwischen diese Platten (Rost) hineingeblasen oder gesaugt. Wesentlich ist, daß die Achse 3 drehbar oder in sonst geeigneter Weise beweglich angeordnet ist, so daß stets andere Stellen der Platten von dem Lichtbogen getroffen werden und die vorher getroffenen Plattenstellen sich wieder abkühlen können. Vorteilhaft ist es, verschieden große Platten anzuwenden, um dadurch dem Lichtbogen durch Hineinblasen zwischen die Platten eine ungleichmäßige Gestalt zu verleihen und so noch sicherer die Bildung einer Aureole zu verhindern.





Zeitschriften- und Bücherschau.



Physik und Chemie.

Die Festigkeitseigenschaften der Metalle in Wärme und Kälte. R. Baumann. (Stuttgart 1907.)

Über die Bedeutung der chem. Konstanten. Theodore William Richards. (Chem. Zeitg. 31, S. 459—461, 1907. Chem. Zentralbl. 1, S. 1658, 1907.)

Über die Oxydation des Stickstoffs bei der Wirkung der stillen Entladung auf atmosphäri-

sche Luft. E. Warburg und G. Leithäuser. (Ann. d. Phys. [4] 23, S. 209—225, 1907.)

Neuerungen auf dem Gebiete der elektrischen Ozonerzeugung. Kausch. (Elektrochem. Zeitschr. 14, S. 50—54, 1907.)

Über die Einwirkung von Sauerstoff auf wässerige Lösungen und über die Vorgänge der elektrolytischen Wasserzersetzung in der Knallgaskette. Otto Mumm. (Zeitschr. f. phys. Chem. 59, S. 459—491, 1907.)

Der Peltiereffekt Eisen-Konstanten zwischen 0° und 560° C. Paul Czermak. (S.-A. Wien. Ber. 116 [2a], S. 657—668, 1907.)

Sur la décharge électrique dans les gaz. P. Villard. (C. R. 144, S. 1261—1264, 1907.)

Büschel und oszillierende Spitzenentladungen in Helium, Argon und anderen Gasen. Karl Pribram. (S.-A. Wien. Ber. 116 [2a], S. 557—570, 1907.)

On effects of the electrical discharge on the acethylene flame. C. F. Lorenz. (Contrib. from the Phys. Lab. of Jowa 1, S. 1—5, 1907.)

Über das Verhalten des elektrischen Flammenbogens in einigen Gasen. A. Grau und F. Ruß. (Zeitschr. für Elektrochem. 13, S. 345 348, 1907.)

Über die Emissionsursache der Bunsenflammenspektren. (Entgegnung auf eine Kritik des Herrn E. Baur.) C. Fredenhagen. (Phys. Zeitschr. 8, S. 404 bis 407, 1907.)

Über reine Temperaturstrahlung und die Anwendung des Kirchhofschen Gesetzes (zugleich eine Erwiederung auf die Bemerkung des Herrn M. Reinganum zu meiner Arbeit über die Temperaturstrahlung des Beidampfes. C. Fredenhagen. (Phys. Zeitschr. 8, S. 407—415, 1907.)

On the thermochemistry of flame spectra at high temperatures. W. N. Martley. (A Paper read. before the Royal Society. Januar 31, 1907. Chem. News 95, S. 265—268, 1907. Nature 76, S. 117—118, 1907. Proc. Roy. Soc. (1) 79, S. 242—261, 1907.)

Die Absorption der Strahlen von Wärmequellen verschiedener Temperatur durch Ozon. Eva v. Bahr. (Arkiv för Mat., Astron. och Fysik 3, Nr. 15, S. 10, 1907.)

On the Kew scale of temperature and its relation to the international hydrogen scale. J. A. Marker. (Collected researches, Nat. Phys. Lab. 2, S. 215—231, 1907.)

Pyromètre enregistreur à plaque photographique fixe. Wologdine. (C. R. 144, S. 1212 bis 1213, 1907.)

Radio-pyromètre à dilation. C. Féry. (Soc. Franç. de Phys., Nr. 261, S. 7, 1907.)

Zur Feststellung des Wärmedurchgangs von einem wärmeren zu einem kälteren Wasserstrome durch eine Metallwand. Karl v. Linde. (Münch. Ber. 1907, S. 15—16.)

La méthode des densités limites. Von Ph. Guye. (Soc. de Phys. de Genève Séance du 7 mars 1907. Arch. sc. phys. et nat. [4] 23, 1907, S. 514.

Über die Absorption von Gasen durch Holzkohle bei tiefen Temperaturen. Von H. Baerwald. (Ann. d. Phys. [4] 23, 1907, S. 84—106.)

Sur les deux modes de détende employés dans la liquéfaction de l'air. Von Georges Claude. (C. R. 144, 1907, S. 1037—1039.)

The vapor pressure of solid carbonic acid. Von H. du Bois. (Phys. Rev. 24, 1907, S. 445.)

Pressluft-Industrie.

Hydraulischer Luftkompressor. Die Wassermenge, welche zur Verdichtung der Luft dienen soll, wird in ein vertikales Rohr geleitet, an dessen oberem Ende sich ein Saugkopf befindet. Dieser Kopf ist mit einer großen Anzahl Düsen ausgestattet, durch welche das vorbeiströmende Wasser atmosphärische Luft ansaugt. Das Luftwassergemisch fällt durch das vertikale Rohr in eine tiefgelegene, unterirdische Kammer, wo sich nun die Luft vom Wasser trennt. Der Wasserabfluß aus der Kammer erfolgt durch einen schräg aufsteigenden Schacht, die Luft wird vom oberen Teile der Kammer durch ein Rohr abgeleitet. Damit eine Luftförderung stattfinden kann, muß das Gewicht pro qcm des Luftwassergemisches größer sein als das entsprechende Gewicht des im Steigschachte fließenden Wassers Der Druck, unter welchem die gepreßte Luft steht, entspricht der Wassersäule im Steigschachte. (Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 07, Nr. 23.)

Die Gesteinsbohrmaschinen der Maschinenfabriken Westfalia und Hoffmann. (Glückauf 07, Nr. 12.)

Die Verwendung des Sandstrahlgebläses bei der Eisenbahn. (I. M. Betton in Compr. Air Mai 07.)

Die Entwicklung des Hammerbohrers. Der Verfasser schildert die Überlegungen, welche zur Konstruktion der Hammerbohrer führten, die Fehlschläge, welche die ersten Versuche begleiteten, die allmähliche Beseitigung der prinzipiellen Fehler und die Erkenntnis der geeignetsten Materialien. S. spricht dem modernen Hammerbohrer eine größere Leistungsfähigkeit und wegen der größeren Einfachheit eine geringere Reparaturbedürftigkeit zu als den Kolbenmaschinen. (H. L. Sinclair in Compr. Air, Mai 07.)

Hydraulische Luftkompressionsanlage für die Kraftstation der Viktoria-Grube in Michigan. Von D. E. Woodbridge. Das Gefälle, welches für die Anlage zur Verfügung steht, beträgt 22 m. Die Anlage arbeitet nach dem Prinzipe der Wassertrommelgebläse. (The Engineering and Mining Journal, Vol. 83, Nr. 3.)

Die Maschinenindustrie und ihre Gefährdung durch die Rechtsprechung. Von Dr. Alfons Frank. J. Bielefelds Verlag, Freiburg i. Baden. Der Verfasser verlangt größeren Schutz der Maschinenlieferanten gegenüber den Abnehmern und wendet sich in eingehender Begründung gegen die derzeitige Richtung in der Rechtsprechung und insbesondere gegen ein reichsgerichtliches Urteil, welches den Eigentumsvorbehalt der Lieferanten weitgehendst einschränkt und ein mit Eigentumsvorbehalt abgeschlossenes Geschäft als Scheingeschäft ansieht. Frank sieht in dem Urteil des Reichsgerichtes eine immense Gefährdung der Maschinenindustrie zu gunsten insbesondere der Hypothekargläubiger.

E. L.

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.

X. Jahrgang. Heft 11.

Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie

(begründet als „Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase“ von Dr. M. Altschul).

Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete

herausgegeben von

Dr. Gustav Keppeler, Privatdozenten an der technischen Hochschule zu Darmstadt.

Verlag von Carl Steinert in Weimar.

Inhalt des II. Heftes.

Zeitschrift
für
komprimierte und flüssige Gase
sowie für die Pressluft-Industrie.

Unter Mitwirkung von Autoritäten der behandelten Spezialgebiete

herausgegeben von

Privatdozent **Dr. Gustav Keppeler,** Darmstadt, Stiftstr. 25.

Heft 11. **August 1907.** **X. Jahrgang.**

Die **„Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Pressluft-Industrie“** erscheint monatlich und kostet halbjährlich Mk. 8.—. Bestellungen nimmt die **Verlagsbuchhandlung von Carl Steinert in Weimar,** die Post sowie jede Buchhandlung entgegen. — Inserate werden für die 3 gespaltene Petitzeile mit 40 Pfg. berechnet. Bei Wiederholungen tritt entsprechende Ermässigung ein.

Hochdruck-Kompressoren.

Von Dipl.-Ing. **Hans Hirschlaff,** Charlottenburg.

(Fortsetzung.)

Wohl als eine der ältesten von den Hochdruckkompressoren bauenden Firmen ist die Ingersoll Sergeant Drill Co., New York, bekannt, welche neuerdings mit der Konkurrenzfirma, der Rand Drill Co. ebendaselbst, vereinigt ist. Beide Firmen haben es verstanden, sich mit ihren weit verzweigten Konstruktionen, welche für jedweden Antrieb und Zweck geeignet sind, nicht nur im Heimatland, sondern auch in England und Deutschland usw. den Markt zu erobern. Sämtliche Ausführungstypen bauen sich auf einer breiten und gesunden technischen Grundlage des Dampfmaschinen- und Niederdruckkompressorbaues auf.

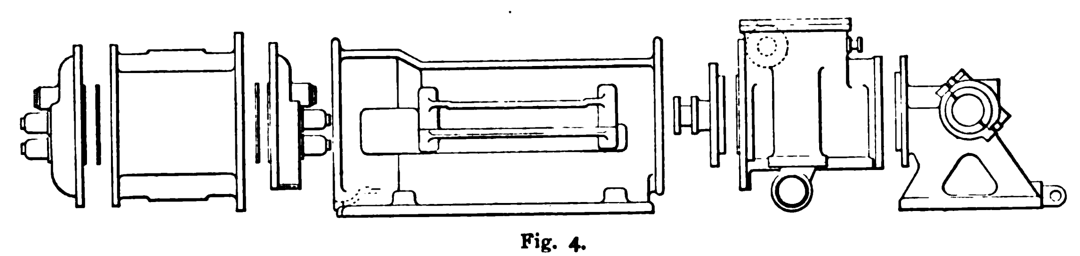


Fig. 4.

Als Hauptvertreterin gilt wohl die Straight-Line Type (Fig. 4), welche die antreibende, einzylindrige Dampfmaschine und ein oder mehrere Kompressorzylinder in gerader Linie tandemartig vereinigt und besonders einfach für den Transport und die Montage ist. Charakteristisch ist die fast unmittelbare Anordnung des Dampfzylinders an der Kurbelwelle und die Einfügung eines längeren Verbindungsrahmens zwischen Dampfzylinder und Kompressor, in welchem beiderseits eine Kreuzkopftraverse (Fig. 5) geführt wird, die einerseits die hin- und hergehende Kolbenbewegung in eine rotierende Bewegung der beiden vorderen, fliegend angeordneten Schwungräder umsetzt und andererseits mitunter vermittelst seitlicher Umführungsstangen den Antrieb des hintersten Hochdruckplungers bewirkt. Kurbellager, Verbindungsrahmen und teilweise die Kompressorenzylinder ruhen bei größeren Ausführungen auf einem gemeinschaftlichen Längsrahmen. Es ergibt sich auf diese Weise eine solide und elegante Ausführung

Fig. 5.

bei kürzester Baulänge und genügender Entfernung der Dampf- vom Kompressorzylinder, um eine schädliche Wärmeübertragung an sich auszuschließen. Aus den weiteren Abbildungen (Fig. 6 u. 7) gehen die Einzelheiten der Straight-Line Gattung, insbesondere auch derSteuerungs-

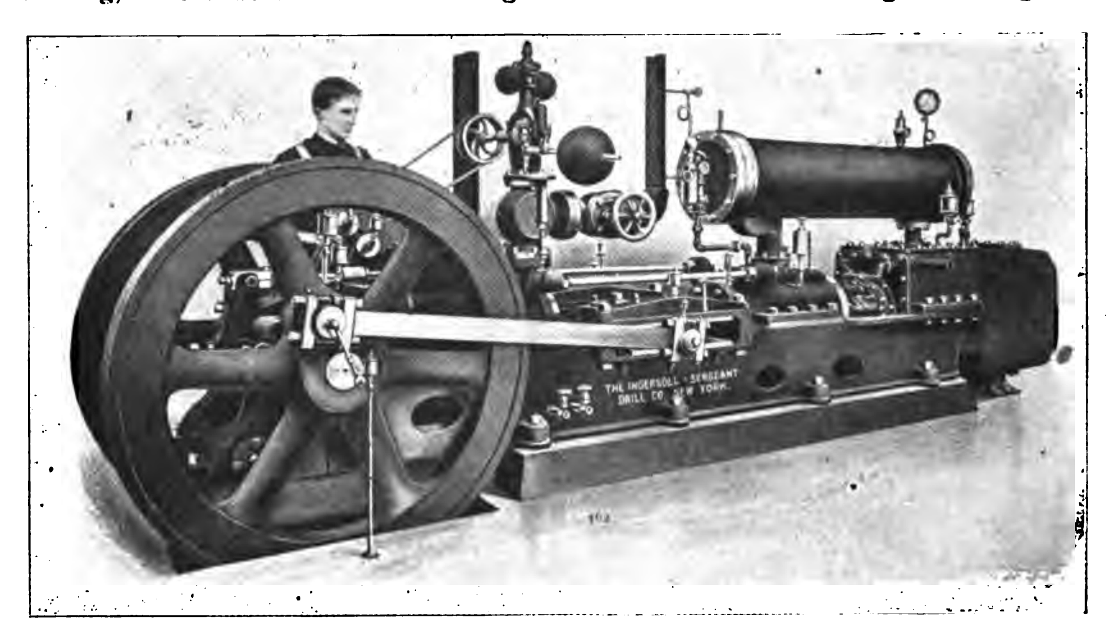


Fig. 6.

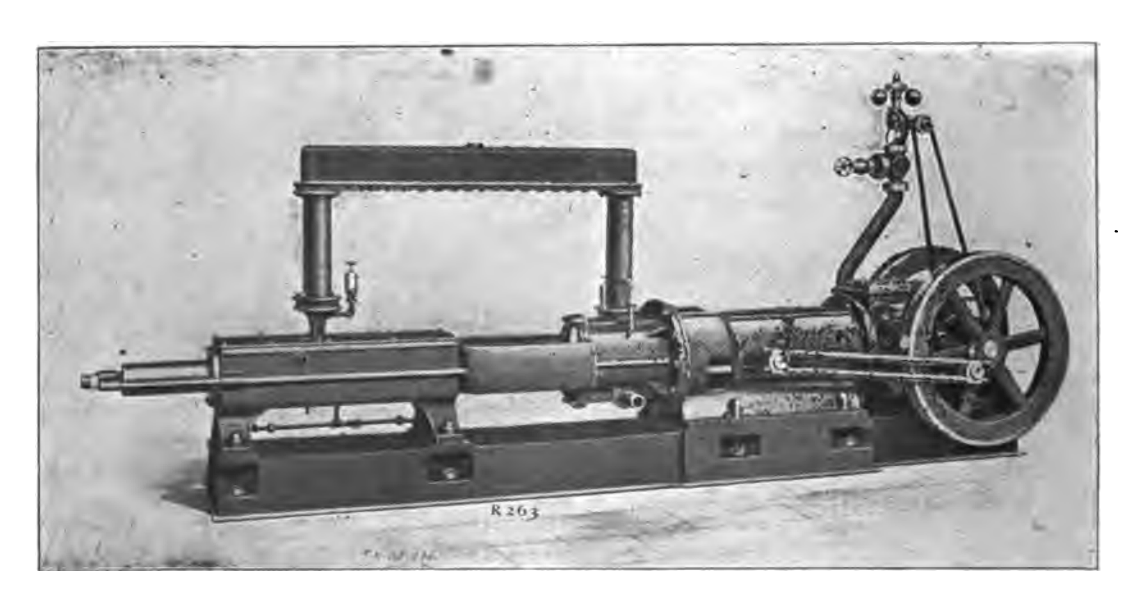


Fig. 7.

antrieb des Dampfzylinders mittels durch Schwingen betätigter Schieber, noch näher hervor. Figur 8 zeigt einen dreistufigen Kompressor, welchen die Firma für die Northern Pacific Railway zum Komprimieren von Azetylengas auf hohen Druck gebaut hat.

Eine dieser ähnliche dreistufige Tandemmaschine war in zwei Exemplaren beim Bau des Simplontunnels durch die Alpen im Betrieb und diente zur Erzeugung von Druckluft für Baulokomotiven.

Natürlich baut die Ingersoll Serg. Drill Co. auch größere Maschinen in der üblichen Zwillings- oder Verbundanordnung seitens der Dampfzylinder mit der gewöhnlichen Kreuzkopf- und Rundführung. Figur 9 zeigt eine derartige Ausführung für vierstufige Kompression, ebenfalls zur Druckluftbeschaffung für Loko-



motiven, wie sie beispielsweise im Pennsylvania Kohlenbergwerk zur Aufstellung gekommen ist. Die Dampfzylinder haben einen Durchm. von 500 mm, die Luftzylinder einen solchen von 710, 360, 250 und 125 mm bei einem gemeinschaftlichen Hub von 600 mm.

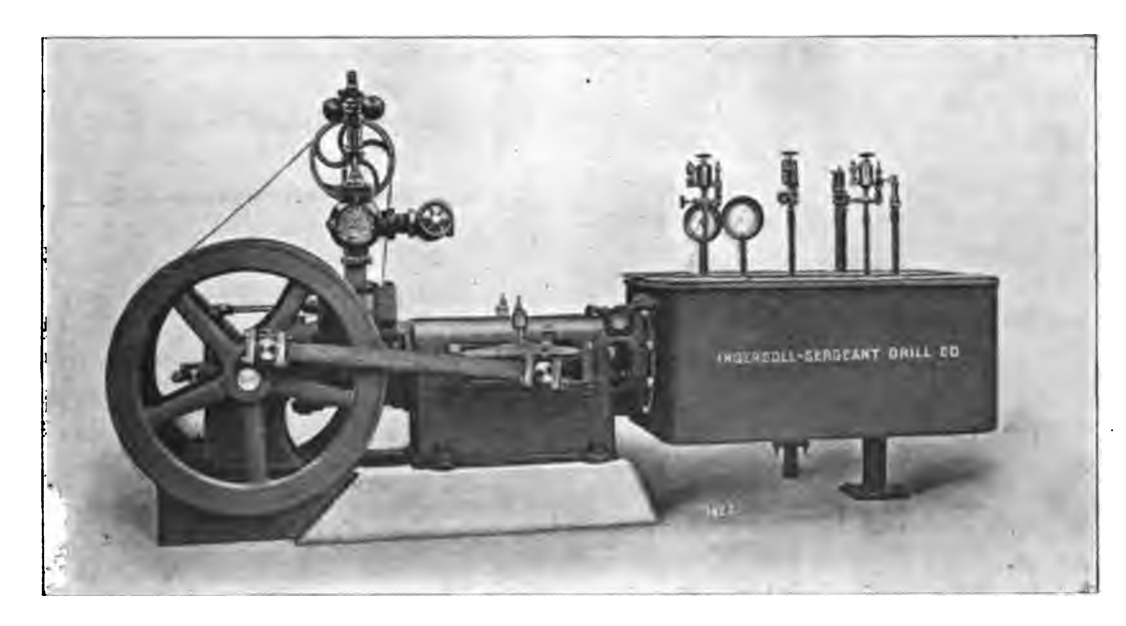


Fig. 8.

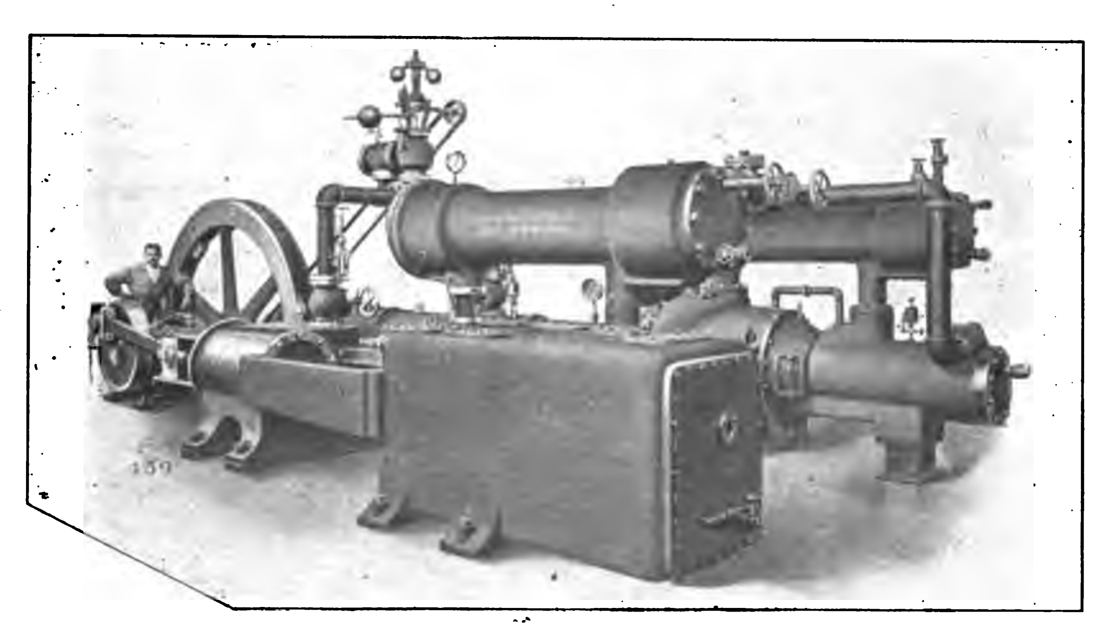


Fig. 9.

Kleinere Ausführungen, liegender und stehender Bauart, meist kurzhubige und schnell laufende, teils durch Dampfkraft, teils durch Elektrizität oder von einer Transmission mittels Riemen anzutreibende Maschinen zeigen ferner die Abbildungen 10—12, von denen die erstere in der Pennsylvania Universität, die in Fig. 11 abgebildete Maschine im chemischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule zu Charlottenburg, letztere seit nunmehr 5 Jahren ohne Reparatur, zur Verflüssigung von Luft und Gasen betrieben wird und mit einem Enddruck von 200—210 Atm. arbeitet. Bei beiden Maschinen ist auf besondere Zwischenkühler verzichtet worden, da die in den Wasserkästen verlaufenden Rohre genug Abkühlung geben.

Bei abgehobenem Wasserkasten sind in Abb. 10 deutlich die 3 Zylinder, zunächst Mittel- dann Nieder- und zuletzt Hochdruckzylinder mit ihren vertikalen Ventilen, den Druck- und Verbindungsrohren und den Armaturen: Manometer, Sicherheitsventil und Druckölern usw.

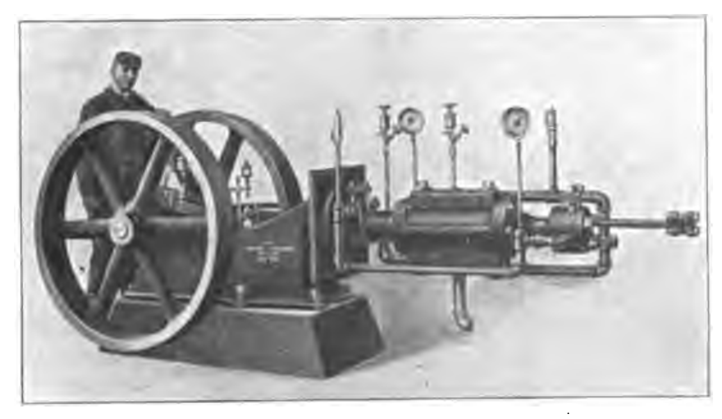


Fig. 10.

sichtbar. Aus dem hinteren Zylinder ragt das Druckrohr für die hochgepreßte Luft mit anschließendem Verbindungsstück heraus. Für die Anordnung der stehenden Maschine (Fig. 12) ist die häufigste Bauart dampfbetriebener Niederdruckkompressoren vorbildlich gewesen. In gedrängtester Form sind in der Mitte zwei Dampfzylinder als Zwillingsmaschine und seitlich zwei gleich große und identische Verbundhochdruckkompressoren angeordnet. Man erkennt die durch Exzenter und Schieber betätigte Dampfmaschinensteuerung, die äußerst plump und kräftig gehaltenen Luftzylinder mit dem schweren Triebwerk, den Schraubenventilen, Kühl- und Druckrohren und die die Brustseite der Luftzylinder bildenden, flachen Zwischenkühler. Die Maschine ist für den Torpedodienst bestimmt.

Zumeist, besonders bei größeren Zylinderdimensionen werden für die niederen Druckstufen die der Firma patentierten Kolbenringventile als Saugventile verwendet (Fig. 13). Die Konstruktion hat sich im Niederdruckkompressor- und Gebläsebau gut bewährt, wo die Luft durch die verlängerte, hohle Kolbenstange in den hohlen Kolben eingesaugt wird und sich auf beide Zylinderseiten verteilt. Vor- und Nachteile dieser Ventile sind oft erwogen worden. Eine schädliche Erwärmung der angesaugten Luft besteht wohl mehr der Theorie nach, da die Luft sich in dauerndem Strom befindet und nur während Bruchteile einer Sekunde mit nur mäßig erwärmten Teilen vor der Einströmung in den Zylinder in Berührung kommt. Außerdem ist der Ansaugwiderstand gegen der konstanten Luftströmung und der unbelasteten Ventile an und für sich schon geringer, d. h. indirekt der volumetrische Wirkungsgrad größer. Auch dem oft gerügten Schlagen und Geräusch der losen Ventilringe steht, abgesehen von der Möglichkeit der Wahl des minimalsten Ventilhubes, seinerseits der Umstand nutzbringend gegenüber, daß die Ventile selbst bei hohen Tourenzahlen unabhängig von jedem Wechsel im Luftdruck und ohne Druckverlust sich allein vermöge ihrer Masse und Trägheit im richtigen Augenblick öffnen und schließen und sofort einen größtmöglichen Einströmquerschnitt freigeben. Außer weiteren konstruktiven Vorzügen, der Reduzierung der schädlichen Räume aufs kleinste denkbare Maß, besitzen die Ventile mangels irgend welcher Spindelführung und Federbelastung größte Betriebssicherheit und Dauerhaftigkeit. Die Ringe selbst werden ohne Schweißung aus zähem Siemens-Martinstahl von 0.5–0.6 % Kohlenstoffgehalt aus dem Vollen geschmiedet und im Ölbad angelassen. Eine

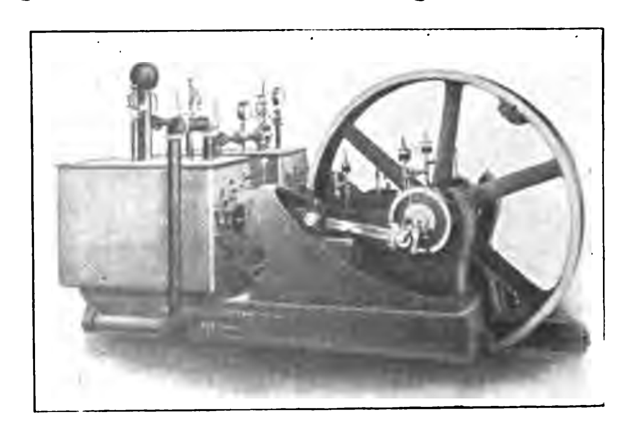


Fig. 11.

Hubbegrenzung und Sicherung gegen Herausfallen der Ringe wurde bisher durch konische, radial am Umfang der Liderungsnuten eingebrachte Stifte vorgesehen. Zum Heraustreiben derselben seitens der Bohrlöcher in der Stirnwand des Kolbens und zum Lösen der Ventil-

ringe mußte der Kolben indessen aus dem Zylinder herausgeschoben werden. Eine neuere Kolbenventilkonstruktion umgeht diesen Nachteil durch eine Hubbegrenzung vor den Ringen

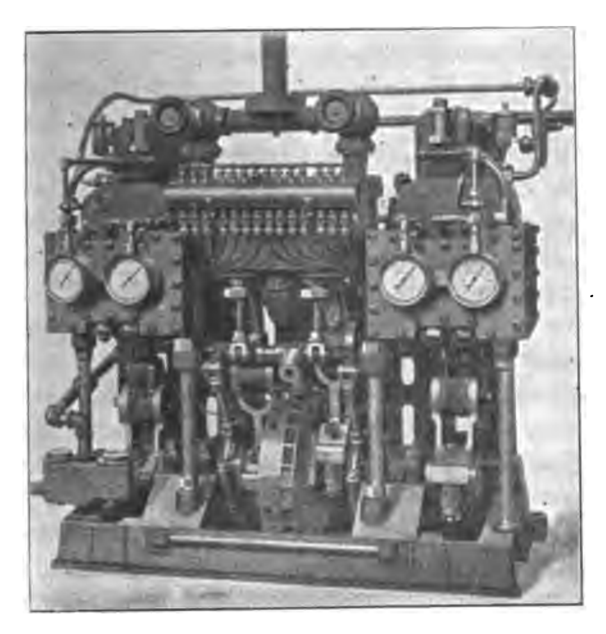


Fig. 12.

in Gestalt einer an der Kolbenstirnseite aufgeschraubten und zum Zwecke eines zweiten Luftdurchgangs gleichzeitig mit Löchern versehenen Blech- oder Metallplatte, welche leicht von der offenen Zylinderseite her losgenommen werden kann. Die Ventilringe selbst brauchen wegen Wegfalls der konischen Stifte außerdem keine lange Führung im Kolbenkörper mehr und werden leichter und einfacher.

Als Druckventile werden gegenüber den früher verwandten gewöhnlichen Spindel- und Tellerventilen jetzt lediglich sog. Schraubenventile in Pilzform mit Federbelastung benutzt, welche eine lange und weite Führung in einer in den Zylinder- oder Deckelkörper geschraubten, sauber ausgedrehten Kappe erhalten (Fig. 14). Der abgeschlossene Innenraum zwischen Ventil und Kappe enthält die Spiralfeder und wirkt gegen Hubende des Ventils als Luftpuffer. Die Abbildung 15 gibt die neuere Ausführungsform dieser Ventile wieder. Der hohle Ventilkörper gleitet hier außen auf einem zylindrischen Fortsatz der Verschlußklappe mit außenliegender Feder. Die Ventile selbst werden äußerst leicht, aber widerstandsfähig für sämtliche Druckgrenzen aus einem Stahlblock im Schmiedegesenk, unter dem Fallhammer gepreßt, hierauf geglüht und an den Sitzflächen gehärtet. Bei den kleinen Durchmessern der Hochdruckzylinder finden als Saugventile diese Schraubenventile ebenfalls Anwendung und werden sie zur Vereinfachung der Modelle den zugehörigen Druckventilen gleichartig ausgebildet.

Die Ventile werden im Zylinder oder Deckel stehend und liegend angeordnet. In Fig. 9 bestizt die Niederdruckseite der einfach wirkenden Maschine Kolben-Saugventile. Der Lufteintritt erfolgt unter dem ersten Mitteldruckzylinder vermittelst eines gleichzeitig als Unterstützung des letzteren dienenden Saugrohrs auf die hintere Kolbenseite des Niederdruckzylinders usw. und die den ersten Zwischenzylinder passierende, gepreßte Luft wird am hinteren Ende dieses Zylinders abgeführt und von dort zu dem Eintrittsstutzen des zweiten Zwischenkühlers geleitet. Sie durchläuft dann die Hochdruckseite ebenfalls in der Richtung von links nach rechts. Die beiden Niederdruckzylinder sind mit allseitiger Mantel- und Deckelkühlung versehen und vermittelst einer



Fig. 13.

kurzen zylindrischen Laterne mit einander verbunden. Die Hochdruckzylinder bestehen dagegen aus einfachen zylindrischen Rohrstücken und sind an den Flanschen zentrisch verschraubt.

Sie liegen mit dem letzten Zwischenkühlersystem in einem allseitig verschlossenen Wasserkasten, in welchem über den einzelnen Saug- und Druckventilen Deckel angebracht sind, sodaß die Ventile gut zugänglich bleiben.

Der 1. und 2. Zwischenkühler liegt horizontal oberhalb der zugehörigen Zylinder und besteht im Innern aus einem Bündel von wasserdurchflossenen Messingröhren, welche einerseits in einer festen, andererseits in einer verschiebbaren, schmiedeeisernen Deckelplatte eingewalzt sind, wodurch sich dieselben den Temperatureinflüssen entsprechend frei ausdehnen können. Die das Rohrsystem umspülende Luft wird in den Kühlern in viele





Fig. 14.

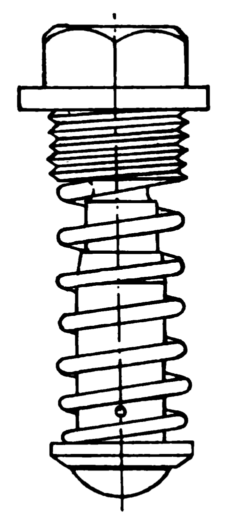


Fig. 15.

feine Fäden zerlegt und ausreichend gekühlt. Das letzte Zwischenkühlersystem umfaßt zwei nebeneinander gelagerte Kühler, von denen jeder aus zwei sich eng umschließenden und einerseits fest verschraubten, plungerartigen Rohren besteht. Die Luft fließt der Länge nach durch den engen Ringspalt und wird sowohl von innen als auch von außen durch Wasser gekühlt, und zwar wird den inneren Kühlrohren das kälteste Wasser mit größter Geschwindigkeit direkt durch ein langes und dünnes Kühlwasserzuleitungsrohr zugeführt. Die äußere Kühlung besorgt der Wasserkasten.

Bemerkenswert ist ferner die Ausführung der Kolben als gewöhnliche Scheibenkolben mit selbstspannenden oder federbelasteten, mehr oder weniger zahlreichen, gußeisernen Liderungsringen unter Anwendung eines besonderen Liderungsfutters mit vorgesetztem Kolbendeckel, welch letzteres im Bedarfsfalle nach der offenen Zylinderseite herausgezogen und durch ein Reservefutter erneuert werden kann. Der Hochdruckzylinder besteht überhaupt nur aus einer derartigen, auf den Kolbenstangenstumpf aufgeschobenen und mit diesem verschraubten, dünnwandigen Haube. Abgesehen davon, daß Bedenken bezüglich der angepriesenen Dichtheit bei genügender Anzahl von Kolbenringen selbst bei großen Druckdifferenzen nicht bestehen, ist als Vorzug der Scheibenkolben in einfach wirkenden Zylindern anzuerkennen, daß etwa durch Undichtheiten des Kolbens entweichende Preßluft in die vorhergehenden Zwischenkühler zurücktritt und wieder verwendet wird oder sich durch allmähliches Anwachsen des Zwischendrucks bis zum Abblasen des dort vorgesehenen Sicherheitsventils frühzeitig bemerkbar macht, während bei mit der Atmosphäre in Verbindung stehenden Plungerkolben derartige Undichtigkeitsbeträge an Luft direkt verloren gehen.

Ein Wort verdient hier auch die Bemessung und Bewertung der schädlichen Räume. Es wird meist geltend gemacht, daß es für den gesamten volumetrischen Endeffekt nur maßgebend sei, den schädlichen Raum des Niederdruckkompressors möglichst klein zu halten und daß die folgenden Zylinder das einmal gelieferte Luftquantum weiter verarbeiten. Es soll hierbei aber nicht vergessen werden, daß durch Rückexpansion der Luft in den Mittel- oder Hochdruckzylindern infolge zu groß bemessener schädlicher Räume ev. eine Verschiebung in den einzelnen Druckstufen bezw. eine in Bezug auf die gewählten Zylinderverhältnisse ungleichartige Arbeitsverteilung stattfindet und sich unbemerkt und von vornherein nur eine unvollkommene Ausnutzung der Zylinderdimensionen usw. ergibt.

(Fortsetzung folgt.)



Aus der Industrie der komprimierten und flüssigen Gase.

Der Bericht über die Tätigkeit der technischen Aufsichtsbeamten der Berufsgenossenschaften der Chemischen Industrie im Jahre 1906 enthält auch eine Anzahl Mitteilungen aus dem Gebiete der komprimierten und flüssigen Gase. Es wird dadurch gezeigt, wie die Industrie selbst bestrebt ist, durch weitgehende Vorsichtsmaßregeln den Gefahren, die das Arbeiten mit komprimierten und flüssigen Gasen bringt, nach Möglichkeit zu begegnen. Die Veröffentlichung solcher Neuerungen ist in doppeltem Sinne zu begrüßen, einerseits weil sie für gleichartige Betriebe von direktem Nutzen sind, andererseits weil sie oft auf andere Betriebe übertragen werden und so nutzbringende Anregungen geben können. In gleicher Weise ist das Bekanntwerden der Umstände, unter denen Unfälle vorgekommen sind, für die Verhütung ähnlicher Unglücksfälle von großem Werte. Wir teilen darum die uns interessierenden Teile des genannten Berichts hier mit:

Neue Schutzvorrichtungen.

Vorrichtung zur Entleerung und Entnahme von Chlor.

Die Badische Anilin- und Soda-Fabrik in Ludwigshafen bedient sich folgender »Vorrichtungen zum Entleeren des flüssigen Chlors aus dem Transportwagen in ein Lagergefäß, sowie zur Entnahme des Chlors aus dem Lagergefäß zu Fabrikationszwecken« (s. Fig. 1), die dort seit vielen Jahren in ständigem Betrieb sind und sich nach jeder Richtung hin gut bewährt haben.

Das Abfüllen des Chlors aus dem Transportwagen A in das Lagergefäß B erfolgt auf die Weise, daß man das eine mit Tauchrohr versehene Ventil 1 (ein zweites 2 dient als Reserve), sowie das Ventil 3 zur Entnahme gasförmigen Chlors, die in dem Ventilgehäuse D beisammen sitzen, durch Kupferrohrleitung mit den entsprechenden Ventilen 4 und 5 des Lagergefäßes verbindet. Hierauf schließt man das Ventil 8 hinter dem Vergaser C und öffnet das Ventil 7 der Leitung 13 für gasförmiges Chlor, welche hinter dem Vergaser mündet, und zwar soweit, als Chlor für den Betrieb gebraucht wird. Nach kurzer Zeit hat sich durch die Druckausgleich-Leitung 11 der Druck im Lagergefäß

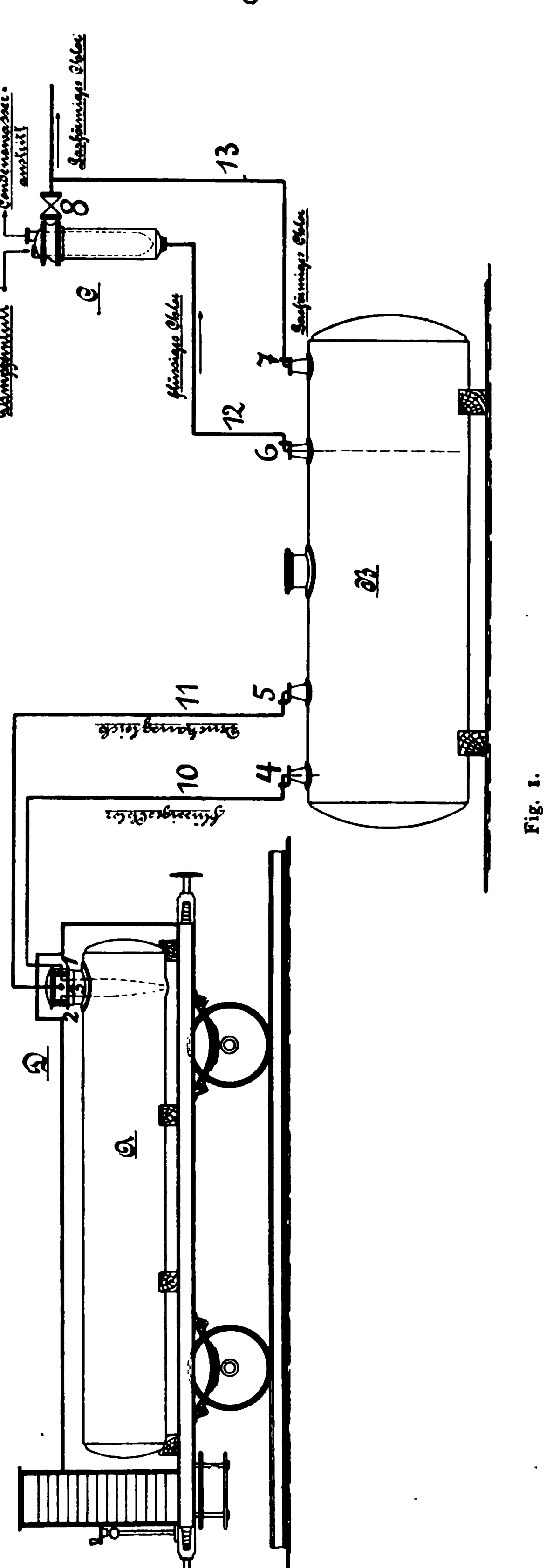


Fig. 1.

soviel vermindert, daß in dem Transportwagen ein Überdruck vorhanden ist. Nunmehr öffnet man die beiden Ventile 1 und 4 der Leitung 10 für flüssiges Chlor und wird sofort ein Abströmen des flüssigen Chlors vom Wagen nach dem Lagergefäß beobachten können. Sofern man eine dauernde Entnahme gasförmigen Chlors aus dem Lagergefäß während des Entleerens des Transportwagens aufrecht erhalten kann, ist das Höherstellen des Wagens, sowie das Druckausgleichrohr 11 nicht nötig. Kann flüssige Chlor strömt durch die Leitung 12 von unten in den Vergaser ein und trifft dort auf einen mit Wasser gefüllten und mit Dampf geheizten Einhängezylinder, der die Vergasung bewirkt. Hinter dem Vergaser sitzt ein Ventil 8, mit dem man den Gasstrom zur Verbrauchsstelle regelt. Auf allen Stutzen des Lagergefäßes sind Ventile angebracht, ferner ist das Gefäß noch mit Thermometer und zwei Manometern versehen. Die Manometer sind mit elektrischem Kontakt- und Klingelwerk ausgerüstet, die bei

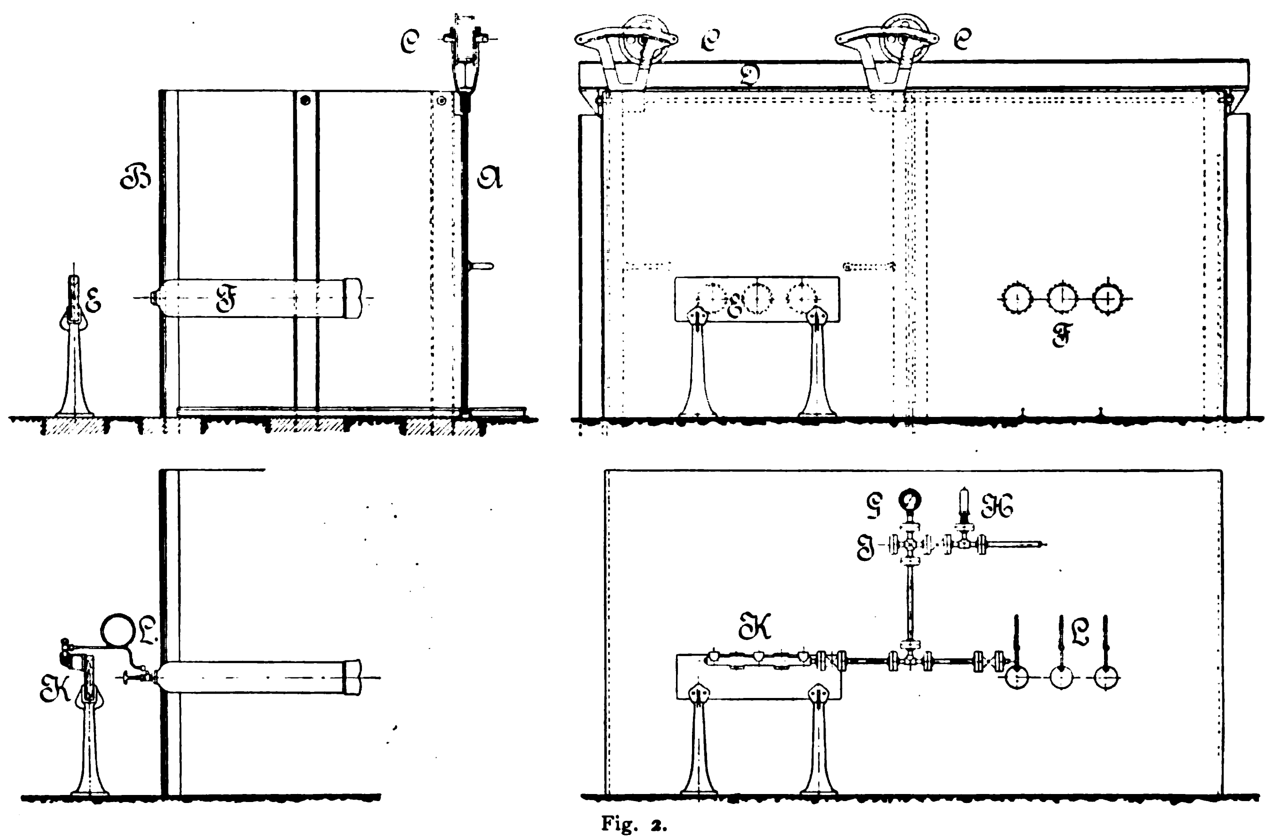


Fig. 2.

dies jedoch nicht, so wird nach dem Anlaufenlassen des flüssigen Chlors das Druckausgleichventil 5 geöffnet und das flüssige Chlor läuft infolge des natürlichen Gefälles bei höhergestellten Wagen langsam nach dem Lagergefäß ab.

Bei der Entnahme von Chlor aus dem Lagergefäß kam es hauptsächlich darauf an, die Einrichtung so zu treffen, daß eine Erwärmung des Lagergefäßes nicht notwendig wurde. Dies war nur dadurch zu erreichen, daß das Chlor in flüssigem Zustand dem Gefäß entnommen und in geeigneter Weise vergast wurde. Die Einrichtung des Vergasers C ist folgende: Das dem höchsten zulässigen Druck von 7 $^1/_2$ Atm. Signal geben. Alle Flanschverbindungen, auch die der Ventile, sind mit Nut und Feder versehen und der Dichtungsring liegt in der Nute, wodurch absolute Abdichtung gewährleistet wird. Das Lagergefäß ist innen und außen gestemmt und auf 15 Atm. Druck geprüft.

Füllstation für Wasserstoff-Flaschen.

Der § 5 der neuen Vorschriften für die Fabrikation von komprimierten Gasen fordert, daß beim Abfüllen brennbarer Gase, deren Spannung 20 Atm. übersteigt, der Stand des damit beschäftigten Arbeiters gegen eine Explosionswirkung der zu füllenden Flasche in ge-

eigneter Weise zu schützen ist. In außerordentlich sorgsamer Weise ist die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron in Griesheim bei Frankfurt a. Main bei ihrer Wasserstoffkompression dieser Vorschrift nachgekommen, wie Fig. 2 zeigt. Es sind hier zwei aus Panzerblechen hergestellte Kammern vorhanden, die nach hinten offen sind und abwechselnd durch eine, oben an Laufrollen aufgehängte, schwere eiserne Schiebetür geschlossen werden. Es werden immer drei leere Stahlflaschen auf einem Sattelwagen, der auf Gleisen läuft, in eine Kammer gefahren und die Schiebetür geschlossen. Die Flaschen ragen nur mit ihren Ventilen aus der vorderen Panzerwand heraus nach dem davor befindlichen Stande der Füller, wo die Flaschen an die Gasverteilungsrohre angeschlossen werden. Während der Füllung hat der Arbeiter Zeit, die andere, hinten offene Kammer auszufahren und neu zu beschicken. Sind die Flaschen der ersten Kammer gefüllt, so wird die Schiebetür vor die frisch beschickte Kammer geschoben, worauf die gefüllten Flaschen abgefahren werden können.

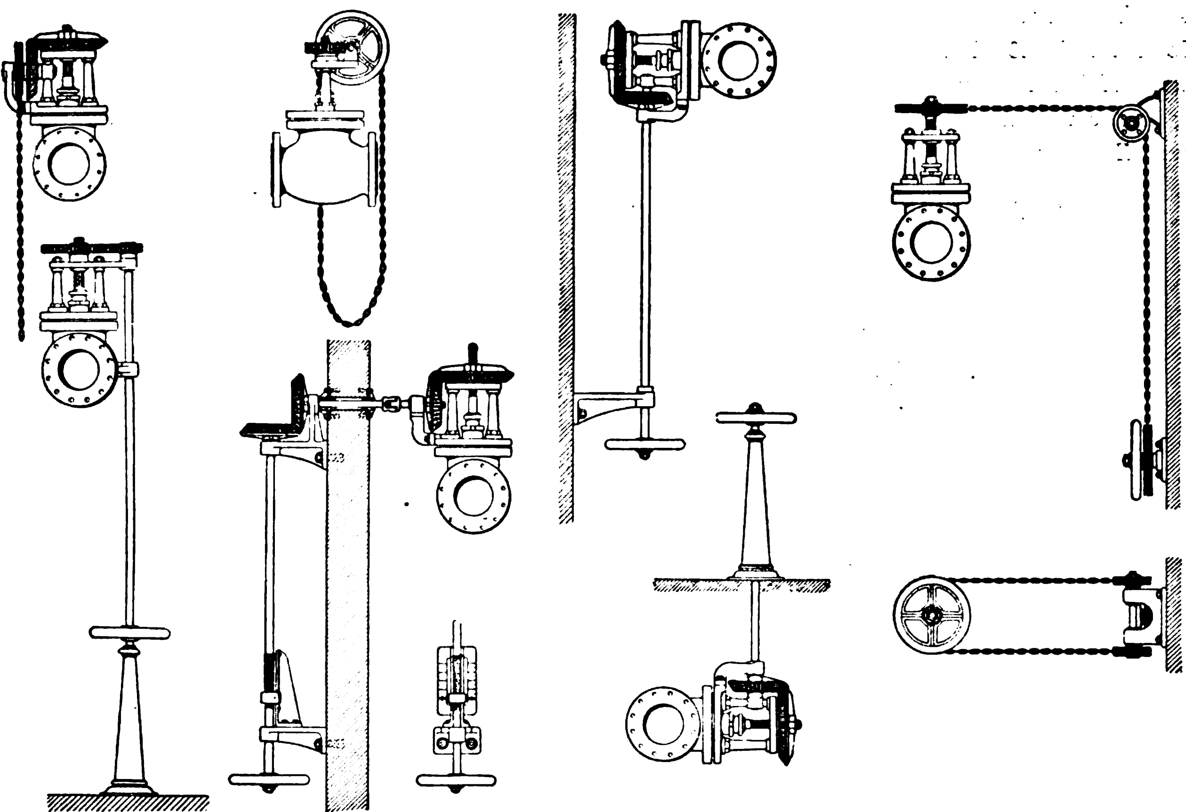


Fig. 3.

Fernbedienung von Ventilen.

Die Bedienung hochgelegener oder sonst schwer zugänglicher Ventile verursacht bekannt-

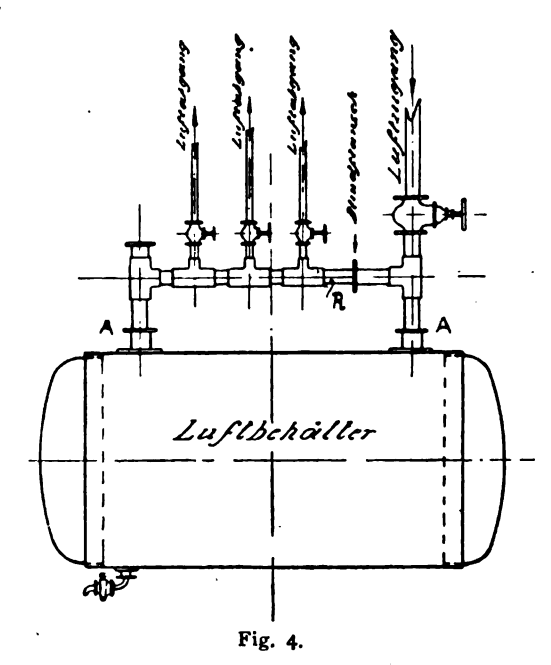


Fig. 4.

lich in den chemischen Betrieben häufig Unfälle, indem die Arbeiter von Leitern abstürzen oder bei schwer beweglichen Ventilspindeln

sonstigen Schaden erleiden. Die in Fig. 3 dargestellten Konstruktionen für die Fernbedienung von Ventilen verdanken wir der Aktiengesellschaft Hahnsche Werke in Berlin NW., Charlottenstraße 43. Die Bewegung der Ventilspindel erfolgt hier mittels konischer Zahnrädergetriebe und Handrad, oder mittels Kettenrad und Zugkette.

Aufbewahrung von Wasserstoffflaschen.

In einer Werkstatt, wo stets eine größere Anzahl von Wasserstoffflaschen vorrätig gehalten werden muß, wurden diese in einem großen, oben offenen Blechgefäß liegend aufbewahrt, in welches ein Wasserleitungsrohr mündete. Wenn im Falle eines Brandes eine Erwärmung der Flaschen von außen zu befürchten ist, können



Fig. 5.

diese durch Öffnen eines Wasserventils in wenigen Augenblicken unter Wasser gesetzt und damit der Wärmeeinwirkung entzogen werden.

Zweckmäßige Anordnung der Rohrleitung an Druckluftreservoiren.

Die Vornahme von Druckprüfungen und inneren Besichtigungen an Druckluftreservoiren bildet oft die Ursache zu unliebsamen Betriebsunterbrechungen. Wie diese durch eine zweckmäßige Anordnung der Rohrleitung vermieden werden können, zeigt Fig. 4. Soll der Druckluftbehälter zu Revisionszwecken ausgeschaltet werden, so wird er bei AA in der üblichen Weise abgeflanscht, und darauf der im Verteilungsrohr R sitzende Blindflansch entfernt. Die Druckpumpe arbeitet alsdann unter Umgehung des Luftreservoirs direkt in das Rohrnetz.

Betriebsunfälle.

An Betriebsunfällen wird im Gebiete des Deutschen Reiches aus der Industrie der komprimierten und flüssigen Gase nur einer gemeldet.

In einer neuerrichteten Fabrik zur Herstellung von komprimiertem Leuchtgas wurde durch eine gewaltige Gasexplosion das ganze Betriebsgebäude zertört; hierbei wurden 10 Personen verletzt, 1 davon tötlich. Die Wirkung der Explosion ist aus der beigefügten

Abbildung des zerstörten Betriebsgebäudes (Fig. 5) ersichtlich. Über den Hergang der Explosion sei bemerkt, daß die Kompression des Ölgases in vorschriftsmäßig ausgerüsteter und geprüfter Apparatur erfolgte und durch vorschriftswidrige Bedienung seitens des kurz vorher angelernten Hilfsmaschinisten ein Wasserabscheider platzte, wodurch das in der Apparatur aufgespeicherte Gasquantum in den Betriebsraum austreten konnte. Auf den Knall eilte das gesamte Fabrik- und Bureaupersonal herbei. Der Werkmeister war bestrebt, den Betrieb stillzusetzen, indem er durch Abstellung der Ölzufuhr die Gaserzeugung hemmte und dann den in einem nur durch den Kompressionsraum zugänglichen Raum aufgestellten Elektromotor wurden. Die Situation ist aus nachstehendem Grundriß (Fig. 6) ersichtlich.*)

Wenn auch das Fehlen einer Ausrückvorrichtung am Kompressor gegen die Bestimmungen der Ziffer 64 der allgemeinen Unfallverhütungsvorschriften verstößt, so hätte doch bei sachgemäßer Aufstellung des Elektromotors die Katastrophe vermieden werden können, wenn auch zugestanden werden muß, daß der Werkmeister, der doch mit den Gefahren des Betriebes vertraut war, nicht in der geschilderten Weise hätte vorgehen dürfen. Die Betriebssicherung durch die Aufstellung des Elektromotors in dem abgesonderten Raum war nur eine scheinbare, denn im entsprechenden Moment mußte die Abschlußtüre geöffnet werden,

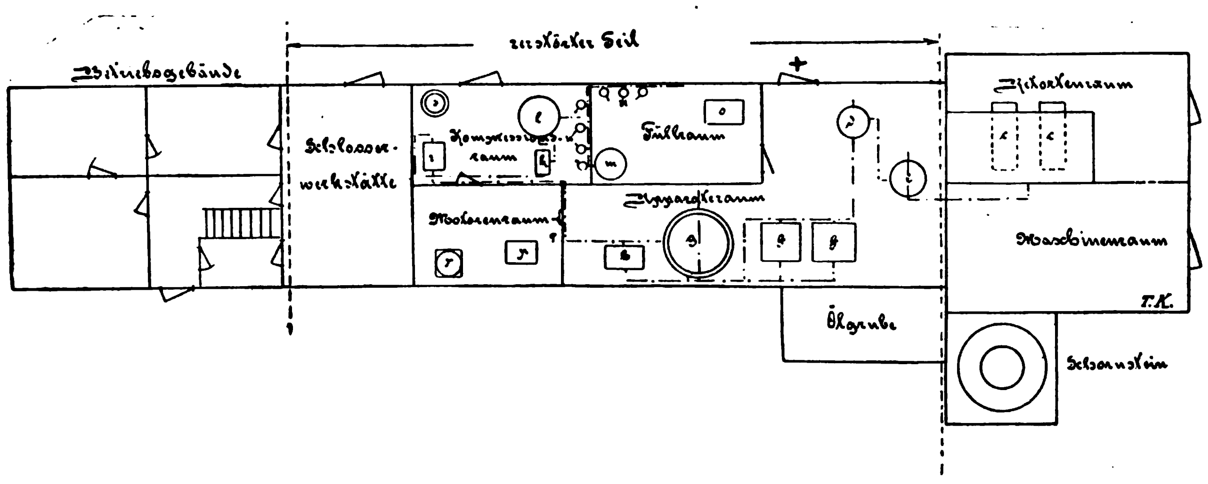


Fig. 6.

ausschalten wollte, weil am Kompressor die Ausrückvorrichtung noch nicht angebracht war. Zu diesem Behufe durcheilte er den mit Gas erfüllten Kompressionsraum, öffnete die eiserne Verbindungstüre nach dem Motorenraum und gab dem mittlerweile durch das Fenster eingedrungenen Mechaniker den Befehl, den Einschalthebel herauszunehmen. Mit dem Auftreten des Lichtbogens beim Ausschalten erfolgte auch schon die folgenschwere Explosion, der der Werkmeister zum Opfer fiel, während die herbeigeeilten Personen zum größten Teil durch die auftretende Stichflamme und die Trümmer des einstürzenden Gebäudes verletzt wodurch ihr Zweck illusorisch wurde, wie überhaupt die Gefahr bestand, daß die Tür nicht ständig geschlossen gehalten wurde.

Beim Wiederaufbau des Betriebsgebäudes wurden die durch die Explosion gemachten Erfahrungen berücksichtigt und durch isolierte Aufstellung des Motors, Einbau von außen bedienbarer Ausrückvorrichtungen Trennung der einzelnen Apparateteile durch Rückschlagventile und Anbringung einer automatischen Entleerungsvorrichtung die Erreichung einer größtmöglichen Betriebssicherung angestrebt.

(Chem. Industrie, XXX, 328 [1907].)

*) Die Clichés von Figur 5 und 6 hat uns gütigst die Redaktion der Zeitschrift »Acetylen in Wiss. und Ind.« zur Verfügung gestellt.



Über die zwei bei der Luftverflüssigung angewandten Arten der Entspannung.

Von **Georges Claude**-Paris.

In den letzten Nummern dieser Zeitschrift wurde die Theorie der Luftverflüssigung von zwei entgegengesetzten Standpunkten aus behandelt. Im Zusammenhang mit diesen Aufsätzen dürfte die Meinungsäußerung eines Mannes von Interesse sein, der, ohne ein wissenschaftlicher Gegner der Linde'schen Anschauungen zu sein, bei der von ihm konstruierten Maschine zur Luftverflüssigung die Entspannung unter äußerer Arbeitsleistung benützt, den Weg, den nach ihm auch Pictet beschritten hat.

Man kann oft die Beobachtung machen, wie allgemein verbreitet das geringe Verständnis für die prinzipiellen Unterschiede ist, die die beiden klassischen zur Luftverflüssigung verwandten Arten der Entspannung trennen. Ich möchte darum einige Betrachtungen über dies Thema mitteilen, die vielleicht nicht ohne Nutzen sind, so elementar und selbstverständlich sie auch scheinen mögen.

Erzeugen wir durch Entspannung Kälte, so sagen wir, daß die Quelle dieser Kälte die Arbeit sei, die bei der Entspannung geleistet wurde. Jedoch die so erzeugte Kälte ist fast niemals der geleisteten Arbeit äquivalent: denn nur die Arbeit kann Kälte liefern, die die komprimierte Luft aus sich selbst heraus leistet; im allgemeinen entgeht dieser Quelle ein Teil der geleisteten Arbeit.

Denken wir uns einmal die Entspannung in dem Zylinder einer Maschine, ähnlich einer Dampfmaschine, durchgeführt. Die Arbeit bei vollem Druck ist PV. Diese Arbeit hat die komprimierte Luft nicht aus sich selbst heraus zu liefern, da sie dauernd auf gleichem Druck gehalten im gleichen Zustande verharrt. Tatsächlich wird diese Arbeit vom Kompressor geleistet durch die Vermittlung der Luft in der Zuleitung, gleichsam eines gasförmigen Kolbens, der sich hier wie ein starrer Kolben verhält. Diese Arbeit bei vollem Druck PV, die ganz und gar auf Kosten einer fremden Energie geleistet wird, die nichts mit der Eigenenergie der Luft, die im Spiele ist, zu tun hat, kann augenscheinlich keine Kälte liefern. Eine Abkühlung kann einzig die Folge der eigentlichen Entspannungsarbeit, $\int p\, dv$, sein, die die komprimierte Luft ohne jegliche äußere Energiezufuhr leistet, sobald die Zufuhr vom Kompressor aus unterbleibt.

Betrachten wir nun den Vorgang, bei dem sich die Entspannung vom Druck P auf den Druck p unter stetiger Strömung bei unmerklicher Geschwindigkeit vollzieht und zwar bei einem vollkommenen Gase. In diesem Falle ist die Ursache der einzigen Arbeit das Zurückdrängen der Atmosphäre p durch das sich entspannende Gas. Nun aber hat die Diskussion des Joule-Thomson'schen Versuchs gezeigt, daß diese Arbeit, $\int p\, dv = p \int dv = pv$, keine Abkühlnng herbeiführen kann. Diese für die Zurückdrängung der Atmosphäre benötigte Arbeit pv verbraucht genau die Energie PV, die hier noch direkt durch den Kompressor bis zum Drosselventil, durch das die Entspannung erfolgt, zugeführt wird und man beweist tatsächlich, daß $pv = PV$ ist. Diese Arbeit, die ein ideales Gas bei Zurückdrängung der Atmosphäre leistet, ist also genau gleich seiner Arbeit bei vollem Druck im oben angenommenen Zylinder.

Jedoch in praxi ist die Luft kein vollkommenes Gas, infolgedessen ist $pv > PV$. Außerdem muß die Luft eine gewisse innere Arbeit w bei der Volumausdehnung leisten. Es wird sein: $pv + w > PV$. Es wird also die geleistete Arbeit größer sein, als die zugeführte Energie. Infolgedessen tritt eine Abkühlung, die geradezu als Maßstab für jene Abweichung dienen kann.

Es ergeben sich also folgende Schlüsse:

1. Die Arbeit bei vollem Druck verbraucht (theoretisch) vollkommen die direkt zugeführte Energie PV. Vollzieht sich also die Spannung unter äußerer gewinnbarer Arbeitsleistung, so bleibt eben die beträchtliche Entspannungsarbeit $\int p\, dv$ ganz und gar disponibel für Kälteerzeugung, ebenso der entsprechende Betrag innerer Arbeit, der aber unter den Bedingungen, unter denen man hier arbeitet, sehr gering ist. Dazu kommt, daß die zur Entfaltung kommende mechanische Energie zurückgewonnen werden

kann und zwar kann man praktisch mit guten Maschinen einen Wirkungsgrad von 15 bis 20% erreichen.

Diese verschiedenen Faktoren machen es klar, daß Drucke von 40 Atm. genügen, um mit den Hilfsmitteln, die ich in früheren Veröffentlichungen*) mitgeteilt habe, bei 75 PS Ausbeuten von mehr als 0,9 l flüssiger Luft pro Pferdekraft und Stunde zu erhalten.

2. Bei der Entspannung durch einfaches Abströmen entspricht die Zurückdrängungsarbeit der Arbeit bei vollem Druck der vorhergehenden Methode. Die Arbeit wird erzeugt auf Kosten der direkt vom Kompressor zugeführten Energie. Für eine Abkühlung ist — mit der später zu besprechenden Einschränkung — nichts disponibel, als der Betrag innerer und äußerer Arbeit, der sein Dasein der Tatsache verdankt, daß die Luft kein vollkommenes Gas ist.

Bei der beim Durchgang durch den Austauscher sich einstellenden Abkühlung findet infolge der zunehmenden Abweichung vom Mariotte'schen Gesetz eine anormale Kontraktion statt. Die Luft gibt also einen Mehrbetrag an Wärme ab, um auf eine bestimmte Temperatur abgekühlt zu werden. Mit anderen Worten, ihre spezifische Wärme nimmt mehr und mehr zu**) und sie kühlt sich im Gegenstromapparat nur bis $t > t_1$ ab, wo t_1 diejenige Temperatur ist, die sie bei stets konstanter spezifischer Wärme erreicht hätte.

Im Verlauf der Entspannung dagegen fällt die spezifische Wärme wieder rasch ab, was offenbar dahin wirkt, die Luft auf die Temperatur t_1 zu bringen. Also ein Teil der Abkühlung die man bei der Entspannung beobachtet, ist durch das Sinken der spezifischen Wärme verursacht und zwar entspricht diese Abkühlung dem Betrag an Wärme, die von der komprimierten Luft im Austauscher nach Maßgabe ihrer Abweichung vom idealen Gas entwickelt wird. Aber diese Abkühlung ist in gewissem Sinne nur eine fiktive, sie dient dazu, den Überschuß an Wärme zu neutralisieren, den die nachfolgende Luft beim Durchgang durch den Austauscher entbindet. Es ist also nicht die Abweichung vom Gasgesetz bei der Temperatur der Entspannung, die die Ausbeute bei der einfachen Entspannung unter Abströmen bedingt, sondern in der Hauptsache die viel geringere Abweichung vom idealen Gas bei der Temperatur, mit der die komprimierte Luft in den Gegenstromapparat eintritt. Daher die Notwendigkeit, erstens von sehr hohen Drucken auszugehen, mindestens 200 Atm., zweitens die Anfangstemperatur der Selbstabkühlung möglichst zu erniedrigen mittels einer Hilfskältemaschine, die in der Tat eine der geniösesten Verbesserungen der Linde'schen Methode darstellt.

Trotz dieser Komplikation, die unnötig ist, falls man die Entspannung mit einer Wiedergewinnung von Arbeit verbindet, trotz der Drucke von 200 Atm. sollen die Ausbeuten der Entspannung unter einfachem Abströmen bei Verwendung von 200 PS nicht 0,6 l flüssige Luft pro PS und Stunde erreichen.



Wissenschaftliche und technische Mitteilungen.



Die deutschen Motorluftschiffe. Der Erfolg, den die lenkbaren Luftschiffe in den letzten Monaten erzielt haben, dürfte der Ausgangspunkt einer Entwicklung sein, die eine beträchtliche Steigerung des Wasserstoffbedarfs mit sich bringt. Es seien darum einige Mitteilungen über die Konstruktionen der bis jetzt erfolgreichen deutschen lenkbaren Motorluftschiffe gegeben. — Der von Major Groß konstruierte zum Luftschifferbataillon gehörige Ballon ist nur ungefähr halb so groß wie der Parseval-sche und unterscheidet sich äußerlich zunächst hauptsächlich dadurch, daß an der Unterseite der zylindrischen, an beiden Enden zugespitzten Ballonhülle ein langer horizontaler Rost aus Aluminiumröhren entlang läuft, der der Hülle die nötige Festigkeit geben soll und der den Ballon zu einem Vertreter des sogenannten

*) Comptes rendus, 20. Aug. 1900, 30. Juni 1902, 13. Nov. 1905, 11. Juni 1906, 22. Okt. 1906.

**) Nach Linde (Bayer. Ind. u. Gew., 28. Nov. 1896) ist die spezifische Wärme bei konstantem Druck für Luft bei nur —100°C : 0.26 bei 10 Atm., 0.37 bei 40 Atm. und 0.84 bei 70 Atm.

halbstarren Systems stempelt, während z. B. der Zeppelinsche mit seinem Gerüst im Innern das starre, der Parsevalsche dagegen, der außer der Gondel an sich überhaupt keine starren Konstruktionen aufweist, das unstarre System vertritt.

Der 35pferdige Benzinmotor von der Gaggenauer Automobilfabrik ist auf dem Boden der Gondel montiert und gibt seine Kraft mit Hilfe einer Seiltransmission an eine horizontale, quer zum Ballon und direkt unter diesem liegende Welle ab, die mittels Kegelrädern die beiden außenliegenden zweiflügeligen Aluminiumschraubenpropeller antreibt. Diese sind wenig hinter der Mitte des Ballons und nur etwa 40 Zentimeter unter der Fläche des Rostes in einem Aluminiumgestänge gelagert. Zur Stabilisierung des Fluges ist eine horizontale und eine vertikale Segelfläche angebracht. Die horizontale, die sehr klein ist, sitzt auf der hinteren Kuppel des Ballons, ohne diesen seitlich zu überragen, und gleicht etwa einer Walfischschwanzflosse. Die senkrechte Segelfläche, deren hinteres Ende als Steuer drehbar ist, erstreckt sich als schmales Rechteck bis zum hinteren Ende der Hülle. Die Lenkung geschieht wie beim Automobil mittels Handsteuerrades.

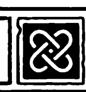
Der von Major v. Parseval konstruierte unstarre Ballon ist wesentlich schlanker als der oben beschriebene. Um den langen, vorn und hinten gleichfalls zugespitzten Zylinder beliebig vorne hoch oder tief zu stellen, so daß er beim Vorwärtsfliegen zugleich steigt oder sinkt, befindet sich vorn und hinten in der Ballonhülle je ein halb mit Luft gefülltes Ballonet. Beide stehen durch einen Schlauch mit dem Ventilator so in Verbindung, daß die Luft aus dem einen in das andere übergepumpt werden kann, so daß sich unter diesem Luftballast der Ballon auf der betreffenden Seite senkt. Ein drittes Ballonet befindet sich in der Mitte und dient lediglich zum Straffhalten der ganzen Hülle. Die beiden horizontalen Stabilisierungsflächen befinden sich seitlich am hinteren Ende des zylindrischen Teils der Hülle und zwar bestehen sie aus luftgefüllten Kissen, die vor dem Vollpumpen schlaff herunterhängen und die erst unter der Wirkung des Ventilators sich entfalten, um dann einer dünnen Matratze zu gleichen. Das vertikale Segel unterscheidet sich nicht wesentlich von dem des Militärluftschiffs.

Der Daimler-Motor von 85 bis 90 Pferdestärken treibt die ganz eigenartige, von Parseval erfundene Luftschraube. Sie besteht aus vier rechteckigen Flügeln aus Ballonstoff, in dem verschiedene Metallstäbe und Drähte eingenäht sind. Mit einer der schmalen Kanten sind sie auf einer Trommel befestigt, die ihrerseits mit der Achse fest verbunden ist. In der Ruhe hängen die Flügel formlos herab; erst wenn der Motor arbeitet beziehungsweise die Reibungskuppelung eingeschaltet wird, entfalten sich die Flügel durch die Zentrifugalkraft und stellen sich in der gewünschten Weise ein. Diese Schraube, die einen Durchmesser von etwa drei Meter hat und die nur etwa 200 bis 300 Umdrehungen pro Minute macht, scheint sich sehr gut zu bewähren. Der Antrieb erfolgt durch eine senkrechte Welle mittels Kegelrädern.

Im Gegensatz zu diesen Ballons hält Graf Zeppelin an dem System des starren Ballons fest. Wie bekannt sind die jüngsten Versuchsfahrten von großem Erfolg begleitet gewesen. Sowohl die Steuerung, wie die erreichten Geschwindigkeiten befriedigten vollkommen. Graf Zeppelin hat bereits mit dem Bau eines zweiten Luftschiffs begonnen, für das die Erfahrungen mit dem ersten ausgenutzt werden sollen. Es wird in noch größeren Dimensionen ausgeführt sein, um so die Möglichkeit der Mitnahme von Ballast zu erhöhen.

Über Reaktionen in flüssigem Ammoniak*) berichtet F. Fitzgerald in Journ. Americ. Chem. Society, XXIX, 656. Er erhielt ein Kupfernitrid Cu_3N durch Einwirkung von Kaliumamid auf eine Lösung von Kupfernitrat in flüss. NH_3. Ferner ein Quecksilberamidbromid $Hg=N-HgBr$ durch Einwirkung von Kaliumamid auf überschüssiges Quecksilberbromid. Durch Einwirkung von Kaliumamid in flüss. NH_3 auf metall. Zink, sowie auf Zinkamid wurde eine gut kristallisierende Verbindung gefunden, die ungefähr der Formel $Zn(NHK)_2 2NH_3$ entsprach.

*) s. a. d. Z. X., 56.

Umschau auf dem Gebiete der Erfindungen. 

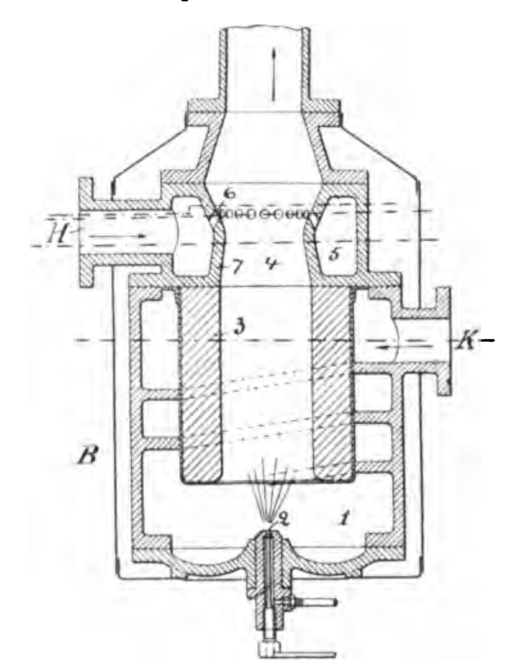
Wie unter anderem unser Aufsatz über »Gelöstes Azetylen«*) zeigt, wird seit Jahren mit großem Eifer an dem Problem gearbeitet, das Prinzip der flüssigen und komprimierten Gase auch auf einen Leuchtstoff zu übertragen und so eine transportable und ausgiebige Lichtquelle zu schaffen, die im übrigen die Vorteile des Gaslichtes teilt. Wir geben im Folgenden Auszüge aus drei Patentschriften, die zeigen, wie andere Erfinder das gekennzeichnete Problem zu lösen suchen.

Verfahren zur Herstellung eines hochwertigen versandfähigen Leuchtgases aus Destillationsgasen. Hermann Blau in Augsburg. D. R.-P. Kl. 26c. Nr. 158198. Patentanspruch: Verfahren zur Herstellung eines hochwertigen versandfähigen Leuchtgases aus Destillationsgasen, dadurch gekennzeichnet, daß man das Destillationsgas unter Wasserkühlung so stark komprimiert, daß sich alle dazu fähigen Gasbestandteile verflüssigen, und die so erhaltene Flüssigkeit in Druckgefäße abfüllt, aus denen sie unter Anwendung von Druckminderungsvorrichtungen entnommen wird.

Verfahren zur Herstellung eines hochwertigen versandfähigen Leuchtgases aus Destillationsgasen durch starke Kompression unter Wasserkühlung. Hermann Blau in Augsburg. D. R.-P. Kl. 26c. Nr. 175846. Patentanspruch: Verfahren zur Herstellung eines hochwertigen versandfähigen Leuchtgases aus Destillationsgasen durch starke Kompression unter Wasserkühlung, dadurch gekennzeichnet, daß man dem Gasgemisch bei der Verdichtung noch niedrig siedende, leichtflüchtige, flüssige Kohlenwasserstoffe in solchen Mengen beimengt, daß die leicht löslichen, gasförmigen Kohlenwasserstoffe möglichst vollständig in Lösung gehen und nur die schwer lösliche, permanenten Gase als Abgase ausgeschieden werden.

Verfahren zur Erzeugung eines für den Transport geeigneten Pressluftgases. Heinrich Dingler in Augsburg. D. R.-P. Kl. 26c. Nr. 179761. Patentanspruch: Verfahren zur Erzeugung eines für den Transport geeigneten Preßluftgases, dadurch gekennzeichnet, daß man das Karburiermittel sowie die zu karburierende Luft unter Anwendung eines entsprechenden Überdruckes in bestimmtem Gewichtsmengenverhältnis in Flaschen füllt. Erläuterung: Das Verfahren bezweckt die Beseitigung der Übelstände, die mit der bekannten Herstellung des Luftgases durch Karburation von atmosphärischer Luft mit Gasolin, Hydrin und ähnlichen Kohlenwasserstoffen verbunden sind.

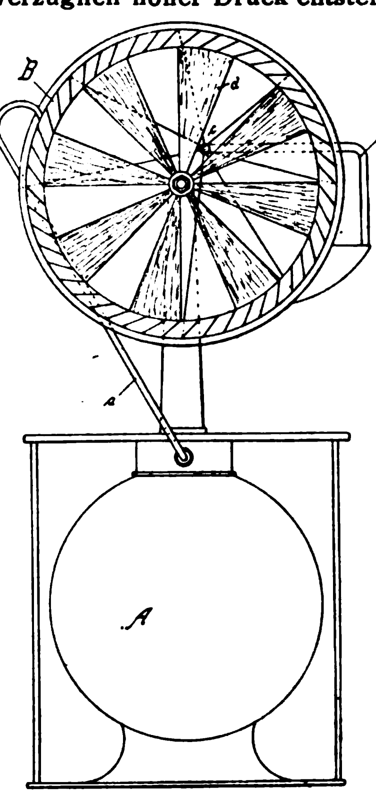
Verfahren zur Erzeugung eines Gas-Dampfgemisches. Arthur Greenwood und Konrad Anderson in Leeds, Engl. D.R.-P. 188673 Klasse 46 d. Patentansprüche: 1. Verfahren zur Erzeugung eines Gasdampfgemisches von verhältnismäßig niedriger Temperatur und großer Masse, dadurch gekennzeichnet, daß dem Dampf eine rotierende Bewegung während der Einführung in die bereits erzeugten Verbrennungsgase mitgeteilt wird. 2. Apparat zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Dampf in den Mischraum 4, welcher teils mit einem Verbrennungsraum 3, teils mit einem Dampferzeuger in Verbindung steht, durch in der Wandung 7 des



*) s. d. Z, X., 121 und 137.

Mischraums tangential angebrachte runde Löcher 6 oder durch Öffnungen, zwischen denen tangential gerichtete Schaufeln angeordnet sind, eingeführt wird. Der Apparat (s. Figur) besteht im wesentlichen aus einem Raum 1, in den zur Verwendung kommender Brennstoff, z. B. Gas, Petroleum, Benzin, Spiritus, Kohle o. dgl., durch die Öffnung 2 unter Druck eingeführt wird. Die zur Verbrennung dieses Brennstoffs erforderliche Luft wird in den Raum 1 durch Rohr K unter Druck hineinbefördert, zweckmäßig tangential und in einer Schraubenlinie um den Raum 1 herum, wobei die Luft durch die heiße Wandung 8 erhitzt wird. Oberhalb des Verbrennungsraumes befindet sich die Mischkammer 4, die von einem Mantelraum 5 umgeben ist, der teils mit dem Mischraum, z. B. durch die Löcher 6, teils mit dem Dampfraume eines Dampferzeugers durch Rohr H in Verbindung steht. Letzteres mündet tangential, so daß der Dampf eine rotierende Bewegung im Mantelraum 5 erhält, wodurch die Erhitzung desselben von der inneren heißen Wandung 7 des Mantelraumes befördert wird.

Kühlvorrichtung, bei der flüssige Luft oder ähnliche verflüssigte Gase gleichzeitig Kraftquelle und Kühlmittel sind, dadurch gekennzeichnet, daß mit der durch flüssige Luft oder ähnliche verflüssigte Gase getriebenen Kraftmaschine ein Ventilator verbunden ist, welcher die Abgase der Kraftmaschinen in den zu kühlenden Raum schleudert. Walter Brückner in Berlin. D.R.-P. 187327 Klasse 17e. Der Vorgang ist folgender: Der Druckbehälter A wird zum Teil mit flüssiger Luft (Sauerstoff usw.) angefüllt, durch die Verdampfungseigenschaft und die Einwirkung der atmosphärischen Luftwärme wird unverzüglich hoher Druck entstehen, welcher durch das Rohr a der Arbeitsmaschinen B (Turbine oder Kolbenmaschine) zugeführt wird, dort Arbeit leistet und durch das Rohr b in den Ventilator geleitet, bei Einlaß c von diesem aufgenommen und durch die Flügel d in den offenen Raum geschleudert wird.





Zeitschriften- und Bücherschau.



Pressluft-Industrie.

Fundierungsprobleme in New York. Behandelt die Verwendung von Preßluft im Fundamentbau. (Compr. Air, März 07.)

Preßluftlokomotiven. Wir entnehmen folgende kurze Notiz: Neuerdings sind Preßluftlokomotiven gebaut worden, welche bis zu 5 km mit einer Ladung laufen. Diese Distanz kann verdoppelt werden, wenn Vorratsbehälter auf dem Tender mitgeführt werden. Die Zeitdauer, welche eine Ladung in Anspruch nimmt, beträgt nur $1^1/_4$ Minuten. (Compr. Air, März 07.)

Preßlufthammer von Fairbanks, Morse & Co., Chicago Ill. Dem Hammer werden wesentliche Verbesserungen gegenüber den bisherigen Konstruktionen zugesprochen, welche in der Hauptsache auf der Beseitigung der Rückstöße sowie auf der Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit beruhen sollen. Die Firma will ferner zur Erprobung der verschiedenen Hammerkonstruktionen eine zuverlässige Versuchseinrichtung geschaffen haben, die es ermöglicht, mit Hilfe von Diagrammen die Kolbengeschwindigkeit an jedem Punkte des Hubes und die zugehörigen Stellungen des Kolbens und des Ventiles festzulegen sowie die minutliche Schlagzahl, die Schlagkraft und den Luftverbrauch zu ermitteln. Dem Aufsatze sind erläuternde Abbildungen und Diagramme, welche mit der genannten Einrichtung aufgenommen wurden, beigegeben. (The Iron Age, Vol. 79, Nr. 7.)

Verlag von Carl Steinert in Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn in Weimar.

Bezugsquellen-Nachweis.

Flaschen-Ventile:
Aktien-Ges. für Kohlensäure-Industrie, Berlin.
Ph. Schuster & Cie., G. m. b. H., Maschinen- und Armaturen-Fabrik, Kalk b. Köln a. Rh.
Sürther Maschinenfabrik, vorm. H. Hammerschmidt, Sürth bei Köln a. Rh.
The Scotch and Irish Oxygen Co., Rosehill Works. Polmadie, Glasgow.

Gas-Verflüssigungs-Pumpen:
Sürther Maschinenfabrik, vorm. H. Hammerschmidt, Sürth bei Köln a. Rh.

Kälteerzeugungs-Anlagen:
C. Oetling, Strehla a. E.

Kompressoren:
A. Borsig, Tegel.
Königin Marienhütte, A.-G., Cainsdorf i. Sa.
C. Oetling, Strehla a. E.
G. A. Schütz, Wurzen.

Mammut-Pumpen:
A. Borsig, Tegel.

Sauerstoff:
Österr. Ungar. Sauerstoff-Werke, G. m. b. H. Wien IV/1. Gußhausstraße 30.
Sauerstoff- und Wasserstoff-Werk Luzern.
Vereinigte Sauerstoffwerke G. m. b. H. Berlin B 26 Schlegelstr. 4.

Pressluft-Gesamtanlagen:
C. Oetling, Strehla a. E.
Ferd. Strnad, Schmargendorf b. Berlin.

Thermometer:
W. Niehls, Berlin, Friedrichstr. 244. Hochgrad. Quecksilberthermometer +575° C.

Wasserstoff:
Österr. Ungar. Sauerstoff-Werke, G. m. b. H. Wien IV/1. Gußhausstraße 30.
Sauerstoff- und Wasserstoff-Werk Luzern.

Druck von F. Roltsch in Weimar.

